FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

LIBRARY
OF THE
AMERICAN MUSEUM
OF NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXX — 20 JUILLET 1921

(QUARANTIÈME ANNÉE ; TOME LXXX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. F. Willaert)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

—

1921

22. 88531 June 27

L'Histoire de la Terre

expliquée

par le Microscope [1]

Que de raisons, Messieurs, n'avons-nous pas de regarder la terre, et que de manières aussi ?

Serions-nous préoccupés du caractère plastique de toutes choses qui en émanent ou qui la constituent, nous la voyons en peintres. Serions-nous sollicités par l'étude de ses rapports avec l'homme, nous la voyons en géographes. Devons-nous étudier les êtres qui vivent à sa surface ou se développent à ses dépens, nous l'observervons en biologistes. Seraient-ce les diverses propriétés de sa matière que nous cherchons à saisir, nous la verrons en physiciens, en chimistes. Mais est-ce sa matière même dont nous voulons prendre conscience afin d'en déterminer les diverses manières d'être et d'en connaître, s'il se peut, l'origine, chaque partie de cette matière étant considérée non point isolément mais dans ses rapports avec le tout, c'est besogne de géologue que nous entreprenons.

Aussi bien regarder la terre en géologue, c'est en rechercher l'origine par l'étude de ce que nous voyons de sa substance.

D'anciens naturalistes ont très vite compris que la terre n'avait pas toujours été telle que nous la voyons aujour-

(1) Conférence faite à la Société scientifique de Bruxelles, le jeudi 7 avril 1921.

d'hui et remarquant que sa matière se trouve fréquemment disposée en couches superposées, ils tirèrent de cette observation l'idée que les terrains qui en sont formés marquent les étapes successives qu'elle parcourut dans le temps. Ce fut précisément la préoccupation des premiers géologues et c'est encore celle de beaucoup d'entre eux, d'en retracer l'histoire et d'établir la chronologie des terrains.

Parce qu'en grande partie ces terrains sont, ainsi que le reconnut il y a bien longtemps Bernard Palissy, le résultat d'une sédimentation sur le fond d'anciennes mers, l'histoire chronologique s'en trouve être celle même des vicissitudes des terres et des mers dans les temps passés : elle forme l'objet de ce qu'on nomme la Stratigraphie.

Les vicissitudes des terrains après leur dépôt, qui se traduisirent par les variations du relief terrestre aux époques anciennes et récentes, sont étudiées en Tectonique, science dont le but est d'expliquer comment se formèrent et s'élevèrent les chaînes de montagnes.

Raconter d'autre part comment disparaissent ou ont disparu les chaînes de montagnes et comment évolue le relief terrestre, est du ressort de la Géographie physique. Quant à l'étude des êtres qui vivaient aux époques anciennes, elle est l'objet de la Paléontologie.

Stratigraphie, Tectonique, Géographie physique, Paléontologie sont des chapitres de la Géologie. Mais la matière même de la terre, c'est-à-dire la matière des terrains, dont on étudie la chronologie en stratigraphie, est également un sujet d'étude. Il nous conduit non seulement à la connaissance précise des matériaux qui forment ces terrains, mais aussi, comme nous allons le voir, à la connaissance des phénomènes géologiques qui en provoquèrent la formation.

Et c'est là ce que nous indiquions comme la besogne essentielle du géologue et dont le but peut se résumer en quelques mots : « expliquer l'histoire de la terre ».

Je voudrais, pendant les quelques instants qui me sont accordés, vous dire par quelles méthodes et à l'aide de quels moyens nous pouvons arriver à connaître la constitution de la matière des terrains et vous montrer comment de cette connaissance nous pouvons dans certains cas déduire le mécanisme du phénomène géologique qui a produit ces terrains mêmes, et dans d'autres cas poser au moins le problème de leur origine.

L'étude de la matière des terrains est du ressort d'une science qu'on nomme la Pétrographie, dont le nom signifie description des pierres, mais qui n'a pas ce but unique et veut précisément atteindre à la connaissance de leur raison d'être et se muer ainsi en ce qu'on doit nommer la Lithologie.

La Lithologie ne peut faire abstraction ni de la Stratigraphie, ni de la Paléontologie, ni de la Tectonique, ni même de la Géographie physique : parce qu'elle veut *expliquer*, elle doit compter avec les faits établis dans l'ordre de ces diverses sciences. Et si les stratigraphes, les paléontologues, les tectoniciens, les géographes peuvent à la rigueur se confiner dans leur branche scientifique propre et ignorer la Lithologie, le lithologiste devra, quant à lui, posséder au moins certaine conscience des sciences qui sont en dehors de son propre ressort. S'il atteint ainsi son but d'expliquer l'histoire de la terre, il sera véritablement le Géologue.

Comment pouvons-nous arriver à la connaissance de la matière des terrains ? telle est la première question que nous nous posons.

Un savant géologue, Charles Sainte-Claire-Deville, voyageait aux Antilles vers le milieu du siècle dernier. Accompagné d'un nègre fidèle qui le servait, il allait et venait, cassant avec son marteau les pierres, les regardant, les observant de près ; et le nègre dans son langage classique traduisait l'impression que lui faisait son maître, riant chaque fois qu'il l'avait vu saisir une pierre et disant :

« Li prend, li sent, li jette » ; et il ajoutait scandalisé : « Ça pas métier, casser roches ».

Est-ce un métier que casser roches et le nègre avait-il raison ? je ne sais. Mais assurément c'est là qu'il faut en venir, si l'on veut connaître la matière des terrains. Il faut aussi, comme faisait Charles Sainte-Claire-Deville, regarder de près ces pierres cassées, mais il faut faire plus encore. Avez-vous vu, Messieurs, parfois dans la campagne un pauvre homme coiffé d'un mauvais chapeau, chaussé de gros souliers, chargé d'un fardeau, lourd semble-t-il, qu'il porte dans un petit sac ? Voyez dans ses mains un marteau et, presque toujours aussi, un parapluie. Vous le reconnaissez, c'est celui dont « est métier que casser roches ». Mais de cela seul il ne s'est pas contenté. De lui le nègre des Antilles dirait bien « li prend, li sent » mais n'ajouterait pas « li jette », car ces roches qu'il a cassées, il les garde. Allant de carrière en carrière, de tranchée en tranchée, il remplit de pierres son sac, qui devient de plus en plus lourd et qui fera de lui sur le soir, à la tombée de la nuit, un homme d'assez mauvaise mine, une manière de vagabond.

Ce chemineau des tranchées et des carrières, c'est bien un géologue, mais parmi les géologues il est l'un de ceux qui veulent avant toutes choses connaître la matière même des terrains qu'il doit étudier, c'est un lithologiste.

Cette matière, il va d'abord l'observer en place, car il faut qu'il en connaisse les conditions de gisement. Mais sachant que vue sur le terrain elle ne peut lui livrer qu'une faible partie de ses secrets, il la rapporte au laboratoire ; et c'est là qu'elle lui dira tout ce qu'elle est et qu'elle lui apprendra tout ce qu'il en peut savoir.

Et voici comment. Un menu fragment de l'échantillon rapporté est aminci grâce à l'emploi d'abrasifs appropriés et amené à n'être plus qu'une lame très mince de 2 à 3 centièmes de millimètre d'épaisseur. Mise entre deux petites plaques de verre, cette lame mince pourra facilement

être observée au microscope. A cette épaisseur, tout ce qui peut être translucide sera transparent ; une forte lumière nous permettra l'observation à de forts grossissements et le microscope nous dira minutieusement la constitution de la pierre.

Il nous le dira, parce que nous connaissons déjà les caractères de tous les constituants possibles des pierres. Reconnaissant ces caractères dans les éléments de la roche, nous déterminerons du même coup la nature de ceux-ci.

Ces éléments constituants des roches peuvent être d'origine minérale ou d'origine organique. Étant d'origine organique, ils sont d'ailleurs faits d'un constituant minéral déterminé. Il faut donc, pour parvenir à déterminer les éléments des roches, connaître tout d'abord les procédés de détermination des minéraux au microscope, et voilà pourquoi la Lithologie touche de près la Minéralogie et la touche même de si près qu'elle est souvent considérée comme une annexe de cette science. Il faut aussi connaître la manière d'être en sections minces des différents types d'organismes, et cette connaissance devrait être de celles qu'on acquiert couramment en Paléontologie : de fait, elle résulte bien plutôt des études des Lithologistes auxquelles les Paléontologues sont redevables fréquemment des renseignements qu'ils possèdent sur cette question.

A l'aide de ces connaissances préalables sur les minéraux et les organismes, nous pouvons aborder l'étude au microscope de la manière d'être des roches et déterminer dans quels rapports se trouvent les uns vis-à-vis des autres dans une roche, soit minéraux de différentes espèces, soit minéraux et organismes, soit organismes de différents groupes. Nous en tirons la connaissance de la texture de la roche, c'est-à-dire du mode d'arrangement de ses éléments. Et ces choses qui se déterminent au microscope sont de celles qu'on ne saurait déterminer à l'œil nu, ou

tout au moins qu'on ne saurait ainsi faire qu'avec très peu de précision.

Le microscope appliqué à l'étude des roches nous permet donc à la fois de déterminer les matériaux qui constituent la roche et d'observer les rapports mutuels de ceux-ci. Ces rapports mutuels se signaleront parfois par leur singularité et poseront des problèmes qu'on ne soupçonnait pas, ou bien ils expliqueront des phénomènes que seules les études stratigraphiques ne permettaient pas de comprendre, ou bien encore ils poseront à nouveau des problèmes mal posés en stratigraphie et pourront en donner la solution.

Quelle est la nature de ces problèmes qui se posent en Lithologie, et comment à l'aide de la Lithologie arrivons-nous à résoudre certains problèmes posés en Stratigraphie ? telles sont les questions auxquelles nous devons maintenant répondre. Mais avant toutes choses nous ne devons pas oublier que la Lithologie ou la Stratigraphie sont des sciences d'observation, et que les problèmes qui se posent dans l'un ou l'autre ordre d'idées résultent du degré d'importance que nous attribuons à certains faits ou de l'étonnement que nous causent certaines concordances de faits, en un mot, de la manière dont nous réagissons vis-à-vis de ce que nous voyons. Ces problèmes ont donc un caractère très net de subjectivité et l'on conçoit qu'ils puissent être souvent la conséquence des idées ou des préoccupations d'une époque.

Je voudrais éclairer la question par quelques exemples, et, si vous le voulez bien, étudier avec vous quelques types de ces problèmes afin de vous montrer comment ils ont été posés et comment on a pu les résoudre.

Tous, Messieurs, vous connaissez l'Ardenne : c'est terre belge et française qui loin de séparer nos pays les unit, et les unit d'une façon si intime que bien des familles ardennaises de chez nous sont aussi des familles de chez vous, et je sais, Messieurs, quels sentiments très vifs on

éprouve lorsqu'on est dans ce cas. Vous savez que cette Ardenne est constituée par des terrains anciens dont certains noyaux sont des terrains très anciens.

Dans l'un de ces noyaux qu'on nomme couramment le massif de Rocroi, on voit, à la faveur des profondes entailles qu'y a découpées le cours sinueux de la Meuse, affleurer des roches qui sont pour la plus grande part des schistes, des ardoises, des roches très siliceuses qu'on nomme des quartzites, et qu'on sait appartenir à la série des terrains sédimentaires ; et dans ce complexe nettement schisteux on voit en outre, dans les environs des grands escarpements des Dames de Meuse, vers le petit village de Laifour, apparaître en couches interstratifiées dans les schistes une roche schisteuse elle aussi, mais incontestablement apparentée à la classe dite des roches éruptives par la présence dans sa masse de gros cristaux de feldspaths et de quartz comme ceux qui caractérisent les porphyres. Mais un porphyre est une roche massive, tandis que ces roches à cristaux de la vallée de la Meuse sont schisteuses ; elles ne font que ressembler à des porphyres, et c'est pourquoi on les a nommées des porphyroïdes.

Dès que les premiers géologues qui explorèrent le pays les eurent observées, ils posèrent le problème de l'origine des porphyroïdes. Et il était légitime de le poser, car n'était-il pas singulier de trouver dans un ensemble de roches qui avaient des caractères très nets de roches sédimentaires une roche dont la masse même paraissait également celle d'une roche sédimentaire, puisqu'elle était schisteuse, mais qui contenait des éléments qu'on n'était alors habitué àvoir que dans les roches éruptives ?

Les géologues les plus célèbres s'attaquèrent à la question : Constant Prévost, d'Omalius d'Halloy, Elie de Beaumont, de la Vallée Poussin, Renard, Gosselet. On discutait sur le terrain, les sociétés géologiques se réunissaient pour venir étudier les affleurements de ces roches

singulières. Chacun défendait son opinion ; et les uns les tenaient pour des coulées ou des tufs volcaniques, les autres pour des roches éruptives qui se seraient glissées entre les couches sédimentaires, ce qu'on nomme des roches intrusives, les autres pour ces roches qu'on appelle métamorphiques parce qu'elles ont subi depuis l'époque de leur dépôt une métamorphose. Tel savant se prononçait une année en faveur d'une hypothèse et l'abandonnait l'année suivante pour une autre. Bref, toutes les idées possibles avaient été émises au sujet de ces roches singulières et l'on ne savait plus bien ce qu'il en fallait penser.

Une étude minutieuse au microscope a permis de résoudre cette vieille question des porphyroïdes, et voici comment.

Il est incontestable que les porphyroïdes de la vallée de la Meuse contiennent des cristaux qui sont caractéristiques des roches éruptives ; le microscope le met parfaitement en évidence et nous montre des particularités qui sont des critères. D'autre part il nous montre également avec la plus grande netteté que la masse des porphyroïdes dans laquelle baignent ces cristaux, ce qu'on nomme la pâte de ces roches, n'est schisteuse que parce que des actions secondaires ont transformé la matière primitive de cette pâte. Il nous apprend que, des deux sortes de feldspaths qu'on trouve dans ces roches, l'une essentiellement potassique s'altère peu ou ne s'altère pas, l'autre essentiellement sodique s'altère avec la plus grande facilité et se transforme en une multitude de petites paillettes de mica blanc, d'un mica blanc soyeux qu'on nomme souvent séricite, et l'observation au microscope nous montre que ce feldspath altérable et qui se transforme en séricite formait avec du quartz toute la pâte de la roche.

A l'origine la roche était donc massive : c'était une roche éruptive ; elle est devenue schisteuse, parce que la plus grande partie de sa matière s'est transformée en une

phyllite, en séricite. Et c'est parce que les schistes au sein desquels cette roche est située sont eux-mêmes sériciteux qu'elle présente des caractères qui, aux yeux de certains observateurs, devaient la rapprocher des roches sédimentaires.

Le problème des porphyroïdes était donc ainsi résolu : le microscope expliquait la roche.

En même temps que le microscope explique l'origine des porphyroïdes de la vallée de la Meuse, il pose lui-même des problèmes ; car s'il nous montre que l'origine de la pâte phylliteuse des porphyroïdes doit être cherchée dans l'altération des feldspaths sodiques et d'une façon plus générale dans l'altération des feldspaths calciques et sodiques, il pose du même coup la question de l'origine des schistes qu'on trouve avec les porphyroïdes. Eux aussi sont sériciteux et l'on ne peut faire autrement que de se demander si l'origine de la séricite n'est pas, dans les schistes, la même que dans les porphyroïdes. Question d'un intérêt très vif, car elle se pose àpropos de tous les schistes phylliteux qu'on trouve dans des terrains de tous âges mais avec une abondance particulière dans les terrains très anciens.

Après examen microscopique de diverses variétés de schistes phylliteux, on voit que la manière d'être de la séricite, l'association de cette séricite avec d'autres phyllites telles que des chlorites, et la présence très fréquente avec ces minéraux de menues aiguilles d'acide titanique connues sous le nom de rutile, sont des preuves très nettes de la recristallisation de la matière primordiale des schistes ; matière dont le caractère détritique reste incontestable, à l'inverse des porphyroïdes, et qui fut à l'origine celle d'un sédiment constitué par une boue dont la nature feldspathique et micacée ne peut faire de doute.

Le microscope, après avoir posé le problème, en fournit la solution. Comme il nous avait expliqué les porphyroïdes, il nous explique les schistes ; et par l'explication

qu'il nous en donne il réfute du même coup les attributions qui furent parfois faites inconsidérément des schistes à d'anciennes argiles.

La question des porphyroïdes est un exemple d'un de ces problèmes qui, ainsi que nous le disions il y a un instant, ont été posés à de certaines époques à cause des idées scientifiques qui régnaient alors. Il est clair que si l'on avait eu pleine conscience des phénomènes d'altération des feldspaths, nul n'aurait songé à s'étonner de la texture des porphyroïdes : leur explication eût paru toute simple et il n'eût semblé à personne qu'un problème se posât même à leur sujet : mais à l'époque où ils furent découverts en Ardenne, et quand les géologues disputaient, âprement parfois, sur leur origine, on ne savait pas encore bien utiliser le microscope et l'étude des roches à l'aide de cet instrument n'était pas poussée très loin.

Les deux exemples dont nous venons d'examiner les cas ont trait l'un à ce qu'on nomme les roches éruptives, l'autre aux roches dites sédimentaires, mais dans l'un et l'autre cas il ne s'agissait pour expliquer la roche que de trouver l'origine d'une texture et la solution du problème était en fin de compte d'ordre minéralogique. La Lithologie nous a dit quelle était la véritable nature de ces roches, mais nous ne lui avons pas demandé davantage ; nous n'avons pas cherché à scruter la nature de l'épisode géologique qui a fait qu'elles se trouvent être l'une et l'autre des constituants de la croûte terrestre.

C'est que les épisodes géologiques qui ont été la cause et de la sédimentation des schistes anciens ou plutôt des boues qui donnèrent ultérieurement naissance à ces schistes, et de l'intrusion au sein de ces schistes de masses de porphyres, sont de ceux dont nous voyons la répétition si fréquente dans l'histoire de la terre que nous ne songeons pas à nous en étonner. Ils nous paraissent tout simples, parce que nous ne voyons pas que la croûte terrestre ait pu se constituer sans que ces épisodes géolo-

giques aient eu lieu, et parce que l'observation de ce qui se passe actuellement, la sédimentation dans le fond des mers modernes et la sortie des masses éruptives, semblent donner une image, que nous sommes tentés de juger parfaite, du phénomène passé.

A la vérité, il se pose aussi le problèmed u phénomène géologique qui a permis l'intrusion des anciens porphyres et la sédimentation sur le fond des mers anciennes. Quand on examine de près les entités géologiques qui résultèrent de ces phénomènes on s'aperçoit que l'image que peuvent en donner ce qu'on appelle les phénomènes actuels est bien vague et qu'il y a lieu, si l'on veut *expliquer*, de serrer la question de plus près.

Par ce que nous venons de dire on voit bien que deux grands problèmes nous sollicitent : d'une part le problème posé par toutes les roches éruptives qu'on peut observer dans la série des terrains, et d'autre part le problèmede la sédimentation dans les temps passés. Vous concevrez vite qu'aucun de ces problèmes ne pourrait être abordé sans l'étude préalable de la constitution des roches éruptives d'une part, des roches sédimentaires d'autre part.

Voilà longtemps qu'on étudie les premières et l'on comprend qu'elles aient sollicité l'attention des naturalistes avant les secondes. Leur matière faite dans beaucoup de cas de minéraux largement cristallisés souvent à l'allure de gemmes, leur singularité de gisement, cette manière d'apparaître tout à coup sur le terrain, cette éruptivité en un mot qui les caractérise, étaient faites pour surprendre. Le terrain éruptif fut donc, dans sa matière, le mieux connu tout d'abord, mais il ne le fut bien qu'à partir du moment où les études micrographiques s'introduisirent dans la science : sa connaissance est bien l'œuvre du microscope.

Les terrains sédimentaires semblèrent tout d'abord matière banale : l'on ne s'en inquiéta pas ou guère. Il suffisait aux géologues que dans certains cas ils y trouvassent

des fossiles. Ils n'étaient pour la plupart d'entre eux que la gangue de ces fossiles et l'on n'avait pas de curiosité à l'égard de la matière même de cette gangue. Il n'y a pas bien longtemps qu'on en entreprit l'étude micrographique. Le microscope révéla la diversité de leurs types et fit apparaître de merveilleux horizons scientifiques.

Comment cette connaissance de la matière, tant des roches éruptives que des roches sédimentaires, est-elle de nature à préciser le phénomène géologique qui leur a donné naissance ? c'est ce qu'il nous faut examiner maintenant ; et je voudrais le faire devant vous en choisissant deux exemples tirés l'un de l'étude des roches éruptives, l'autre de l'étude des roches sédimentaires.

Assurément, Messieurs, l'un des problèmes qui inquiètent le plus le géologue, et j'entends par là celui qui veut expliquer l'histoire de la terre, c'est le problème du granite.

Du granite, on en trouve en beaucoup de régions et c'est toujours à peu près la même roche. On le définit très simplement en Pétrographie comme un mélange de silicates cristallisés qui sont des micas, noirs ou blancs, appelés biotite ou muscovite, des feldspaths à haute teneur en silice, du quartz, et qui forment ses éléments essentiels. Ces éléments sont unis à des éléments qu'on dit accessoires parce qu'ils ne servent pas à définir le granite et qui sont du fluophosphate de chaux, l'apatite, des oxydes métalliques tels que l'oxyde de fer magnétique, un oxyde double de silicium et de zirconium, le zircon. Il arrive qu'une partie du mica et parfois la totalité est remplacée par des silicates calciques en même temps que magnésiens et ferrifères, les minéraux qu'on nomme amphibole et pyroxène. On considère alors la roche comme une variété de granite et on la nomme granite à amphibole ou granite à pyroxène.

Les éléments du granite sont relativement volumineux et nous saurions les reconnaître sans être obligés d'employer le microscope ; mais cet instrument, en nous per-

mettant d'observer nettement les rapports de ces éléments entre eux, nous montre dans quel ordre ils se sont consolidés. Par lui nous apprenons que ce ne sont pas les moins fusibles qui ont cristallisé les premiers et le granite nous apparaît comme un complexe dont la cristallisation ne provient pas de la simple consolidation d'une masse de minéraux primitivement fondus.

Pour expliquer le granite, il faut que nous expliquions la production des minéraux qui le constituent, puis les raisons de leur association.

La seule considération du granite n'est pas de nature à nous éclairer davantage, mais si nous étudions d'autres roches dans lesquelles les éléments du granite n'entrent pas comme éléments essentiels mais bien comme éléments accessoires ou même accidentels, nous pourrons mieux saisir les conditions de leur formation et nous rendre compte du phénomène qui a causé leur naissance et leur cristallisation.

Parmi ces roches éruptives il en est qui sont essentiellement formées de silicates ferro-magnésiens du type des pyroxènes, les uns non alumineux comme l'hypersthène, les autres alumineux et calciques comme l'augite, et de feldspaths calcosodiques généralement riches en chaux constituant l'espèce qu'on nomme labrador.

Cette roche à hypersthène, augite et labrador appartient à la catégorie des « gabbros ». Elle présente avec le granite cette différence que ses éléments essentiels peuvent, après avoir été fondus, recristalliser sous la même forme. Mais il y a des gabbros dans lesquels on voit du mica biotite, du quartz et même parfois des feldspaths, riches en silice, essentiellement sodiques ou potassiques. Le microscope nous montre alors très nettement dans quels rapports ces éléments sont entre eux et comment ils sont également avec les éléments mêmes du gabbro.

C'est ainsi que l'on voit fréquemment que le mica biotite se développe aux dépens de l'hypersthène : les

cristaux en sont comme rongés et, à la place des parties qui ont disparu, on voit que s'est développé le mica biotite. Mais il y a entre le mica biotite et le pyroxène considéré cette différence, que le premier de ces minéraux est alcalin tandis que le second ne l'est pas : le mica biotite est potassique. Nous savons d'ailleurs très bien quelle est la composition de ce mica, et en en groupant les éléments nous pouvons parfaitement mettre en évidence qu'il y a dans la biotite de quoi faire d'une part un silicate ferromagnésien et d'autre part un aluminosilicate alcalin dont la formule ne diffère de celle des feldspaths que par une plus faible teneur en silice, mais dont le rapport moléculaire de la silice à l'alcali égal à 1 reste un caractère de ce groupe de composés.

Si telle est la constitution du mica biotite et si nous voyons du mica biotite se former aux dépens de l'hypersthène, c'est que sur l'hypersthène ont agi les éléments d'un silicate alumino-alcalin, c'est-à-dire dans le cas considéré, de la silice, de l'alumine et de la potasse. Silice, alumine, potasse sont d'ailleurs les éléments qui dans le granite s'individualisent sous la forme du quartz et du feldspath potassique connu sous le nom d'orthose.

Si du mica biotite se produit dans certains gabbros aux dépens de l'hypersthène, ainsi que nous l'a montré l'étude micrographique, d'autres roches nous montrent aussi que ce même mica s'est produit aux dépens de l'augite, c'est-à-dire aux dépens d'un minéral alumineux et calcique en même temps que magnésien et ferrifère. Mais alors l'action des éléments du silicate alcalin, qui se fera sentir sur l'augite, en même temps qu'elle produira de la biotite éliminera de la chaux. Cette chaux éliminée nous la retrouverons presque toujours sous forme d'apatite (fluophosphate de chaux) dont au microscope on voit très bien que le développement ne s'est produit qu'à partir du moment où l'augite a commencé à se transformer en biotite.

D'ailleurs, dans beaucoup de ces roches, la biotite n'est pas le seul élément qui se produit aux dépens de l'augite : ce minéral se transforme aussi fréquemment en amphibole, aluminosilicate ferro-magnésien et calcique comme l'augite, mais moins calcique que l'augite. La transformation élimine donc encore de la chaux, bien qu'en moins grande quantité. Celle-ci sera fixée sous forme d'apatite ; mais lorsqu'il arrive, et le cas est fréquent, que l'augite transformée était titanifère, la chaux éliminée s'unit d'une part au titane libéré et d'autre part à la silice des éléments agissants pour former un silicotitanate de chaux qu'on nomme le sphène. Tous les géologues connaissent bien une roche riche en amphibole, la syénite, qui est toujours chargée de sphène : il n'est pas téméraire de supposer qu'elle provient de l'action sur les éléments d'un pyroxène titanifère de silicates alcalins.

Ces silicates alcalins qui en agissant sur des silicates ferro-magnésiens ont produit la biotite (ou l'amphibole) on en retrouve les éléments çà et là au sein des gabbros. Ils en remplissent les fentes et forment, par leur cristallisation indépendante des éléments mêmes des gabbros, la roche qu'on nomme une pegmatite.

Les éléments d'une telle pegmatite, ainsi qu'on le voit très bien parfois, non seulement agissent sur les silicates magnésiens et les transforment, mais s'individualisent aussi pour eux-mêmes en se mélangeant aux éléments transformés : une roche se forme qui a tous les éléments du granite, elle *passe* au granite typique.

Ainsi arrivons-nous à concevoir le granite comme un complexe de minéraux dont les uns sont les constituants d'une pegmatite et dont les autres résultent de l'action des éléments de cette pegmatite sur des silicates basiques ferro-magnésiens.

Il est des massifs de granite où l'on observe sous forme d'enclaves des agrégats de ces minéraux ferro-magnésiens basiques unis à des feldspaths basiques eux aussi et

qui forment des gabbros ; et l'on peut observer tous les passages, dans ces mêmes massifs, entre les gabbros et le granite par des roches où l'action des éléments alcalins de la pegmatite sur les éléments du gabbro se fait sentir avec une intensité de plus en plus grande, et dans lesquelles la proportion même des éléments de la pegmatite augmente.

Dans le granite lui-même on retrouve l'écho, pour ainsi dire, de ces transformations dans ce fait que l'apatite qui s'y trouve constamment y est toujours unie au mica biotite, montrant ainsi la communauté d'origine de la chaux d'une part, du fer et de la magnésie d'autre part.

Nous expliquons ainsi minéralogiquement le granite ordinaire, c'est-à-dire le granite à biotite, mais nous expliquons du même coup le granite à amphibole et le granite à pyroxène, car dans l'un et l'autre cas se manifestent encore les mêmes actions d'éléments alcalins sur des éléments ferro-magnésiens mais moins intensément, les éléments basiques étant d'ailleurs en proportions plus fortes que celles qui caractérisent le granite à biotite.

Cette explication minéralogique du granite que nous venons de donner va nous permettre aussi d'expliquer géologiquement la roche. Nous entendons par là qu'elle est de nature à nous rendre compte des conditions de gisement du granite. Celles ci sont parfois bien singulières.

Le granite forme des massifs et l'on peut observer très fréquemment que ces massifs semblent couper les terrains au milieu desquels ils affleurent « à l'emporte-pièce » comme on dit souvent. Des strates de terrains d'âges géologiques différents et de constitution lithologique variée semblent interrompues par un massif granitique et ne reprendre qu'au delà du massif. Certaines d'entre elles cependant, formées par des grès, ainsi que l'a mis en évidence M. Ch. Barrois dans ses études sur la Bretagne, traversent le granite sans que celui-ci les dérange en aucune sorte. Le granite apparaît donc comme s'étant substitué à des couches de terrains sédimentaires.

Cette notion, qui nous est imposée par l'observation sur le terrain, que le granite est une roche formée aux dépens d'autres roches, est exactement concordante avec celle que nous avons tirée de l'étude micrographique du granite lui-même ou des gabbros. Mais ces autres roches auxquelles nous voyons sur le terrain que s'est substitué le granite ne sont pas généralement des roches éruptives, ce sont des roches sédimentaires. Ce ne sont pas des gabbros, ce sont d'une façon générale des schistes ou des calcaires.

Et ceci n'est pas une objection à ce que la Lithologie nous a fait dire du granite, car s'il faut, pour que du granite prenne naissance, que les éléments alcalins d'une pegmatite agissent sur des éléments ferro-magnésiens basiques, calcareux ou non, et se mélangent aux produits des réactions, il n'est pas nécessaire que ces minéraux ferro-magnésiens soient constitués en tant que pyroxènes ; il suffit que ces minéraux existent en puissance ; c'est-à-dire que le sédiment ait matière à les former. L'action des éléments alcalins de la pegmatite agissant ainsi sur les éléments qui forment la matière des sédiments produira le granite.

Si ces sédiments étaient des calcaires magnésiens, les éléments de la pegmatite agissant sur eux et ne s'y incorporant qu'en quantité relativement faible donneront du granite à l'amphibole ; et si l'on considère l'ensemble du massif granitique, il semblera qu'au voisinage des strates calcaires le granite se charge d'amphibole, ainsi que l'ont mis en évidence les études classiques de M. A Lacroix sur les granites des Pyrénées.

Mais si le sédiment n'a pas matière qui retienne les éléments de la pegmatite, s'il est un grès relativement pur, il pourra rester tel quel dans le massif granitique.

Quant à la forme singulière que nous avons dit être celle de certains massifs granitiques, cette manière d'être « à l'emporte-pièce », elle est la conséquence de ce fait qu'il

n'y a eu granite que là où il y a eu arrivée des éléments de la pegmatite. Mais il n'y a pas que cette manière d'être du granite : on ne voit pas toujours sur le terrain que la roche y coupe les strates sédimentaires à l'emporte-pièce. On voit aussi des massifs granitiques qui semblent se fondre dans les terrains encaissants, qui passent à ceux-ci, et M. P. Termier nous a dit à leur sujet des choses extrêmement intéressantes. Là encore l'étude lithologique montrerait que les phénomènes sont du même ordre que ceux que nous avons décrits et que vaut la même explication.

A la vérité, si cette explication peut nous rendre compte de l'origine minéralogique du granite et de ses conditions de gisement, elle ne nous dit pas d'où viennent les éléments de la pegmatite et pourquoi ceux-ci sont arrivés dans les parties de l'écorce terrestre où ils ont fait sentir leur action. On ne peut plus à ce point que faire des hypothèses, car ces régions d'où viennent les éléments des pegmatites sont ce que le géologue Suess appelait « les profondeurs » et là tout est pour nous mystère.

L'exemple du granite que nous avons choisi donne une idée de la nature des problèmes qui se posent à propos des roches éruptives. Les roches sédimentaires posent, elles aussi, des problèmes.

Le principal, celui qui me paraît dominer tous les autres, c'est assurément le problème de leur division en bancs superposés. Dans un ensemble de terrains dont nous savons par les études stratigraphiques qu'ils appartiennent à la même époque de sédimentation, nous n'avons pas affaire à une unique masse rocheuse, mais nous voyons dans la plupart des cas toute une série de couches superposées et qui sont, sinon d'égales épaisseurs, du moins d'épaisseurs du même ordre. Ces couches sont toutes ou bien de même matière, ou bien parfois de deux ou trois sortes. Dans ce dernier cas, elles alternent entre elles. Ce seront, par exemple, des roches calcaires et des roches argi-

leuses se superposant l'une à l'autre, toutes les roches calcaires ayant à peu près les mêmes épaisseurs, et les roches argileuses aussi, mais l'épaisseur moyenne des premières pouvant être très différente de celle des secondes.

Si l'on ne réfléchit pas beaucoup aux choses, il semble que dans le cas où l'on voit alterner des roches de compositions différentes aucun problème ne se pose, et il est de fait que très peu de géologues se sont étonnés de ces alternances. A la plupart d'entre eux il paraît tout naturel qu'à ce qu'on nomme un faciès succède un autre faciès. Cependant, n'est-il pas singulier de voir à ce second faciès succéder à nouveau un sédiment du type du premier faciès, puis un sédiment du type du second et ainsi de suite, l'un alternant avec l'autre, et dans des conditions telles que dans beaucoup de cas les épaisseurs des couches qui correspondent en un point donné aux faciès de même type soient les mêmes ou comparables ? Et s'il s'agit de bancs de roches identiques qui se succèdent sans qu'entre l'un et l'autre s'intercale un dépôt de faciès différent, pourquoi vraiment se produit-il entre les matériaux d'un banc cette cohésion qui en fait une entité distincte de celle du banc qui le touche ?

Les simples observations de cet ordre qu'on peut faire dans une carrière de ce calcaire qui forme le soubassement du terrain houiller et que les géologues nomment le calcaire carbonifère et que vous connaissez sans doute, ou bien devant les hautes falaises de craie qui vers la France, avant et après le Boulonnais, forment la côte jusqu'en Normandie, n'imposent-elles pas cette idée que chaque couche de terrain, chaque banc rocheux représente un certain épisode géologique qui s'est répété périodiquement pendant un certain laps de temps ? Voyons ce que la Lithologie va nous apprendre à ce sujet.

Elle va d'abord nous préciser la composition du sédiment et nous définir sa texture. Supposons, afin de fixer nos idées, que nous nous trouvions sur le terrain en

présence de l'affleurement d'une série de bancs calcaires dont la caractéristique est d'être formés partiellement au moins de ces Protozoaires qu'on nomme des Foraminifères. C'est le cas d'une partie des bancs du calcaire carbonifère, c'est le cas de la craie et de beaucoup des sédiments qui se déposaient à l'époque dite de la craie ou crétacée. Tenons-nous-en précisément à cette époque et examinons certains calcaires à Foraminifères qui se formaient dans les régions où ont depuis surgi les Pyrénées. Il y a là un très beau développement de ces roches, qui se présentent dans des conditions où l'observation est particulièrement favorable, et c'est pourquoi nous les choisissons.

Nous en verrons plusieurs variétés. Les unes sont constituées par l'accumulation de Foraminifères et d'autres organismes dont la nature atteste qu'ils vivaient en eaux peu profondes, à proximité du littoral ; d'autres sont formées de matériaux très fins où l'on voit de ces coquilles de Foraminifères faites de loges se succédant en spire, du type de ce qu'on nomme des Globigérines : ce sont des sédiments plus profonds ; d'autres sont encore constituées par un sédiment fin, mais qui vient de l'accumulation de minuscules Foraminifères dont la coquille consiste en une seule loge et qu'on nomme des Lagenas ; quelques Globigérines leur sont associées, mais comme ils sont essentiellement formés de Lagenas, on les nomme des calcaires à Lagenas. Les sédiments de ce type ont été formés au large ; ce sont des sédiments pélagiques. Leurs matériaux sont disposés pêle-mêle ; on n'y voit aucun classement.

Dans toute la masse des terrains crétacés dont il est ici question, on ne trouve pas avec continuité ces calcaires pélagiques à Lagenas ; et quand on ne les trouve pas, on peut observer un ensemble de couches qui sont architecturées de la manière suivante. A la base, une accumulation de Globigérines mélangées à des matériaux provenant de roches préexistantes, l'ensemble présentant un caractère

bréchoïde. Au-dessus, et de grain de plus en plus fin, des calcaires à Lagenas auxquels font suite des calcaires pétris de spicules d'éponges. Les trois calcaires à Globigérines, à Lagenas et à spicules ne forment d'ailleurs qu'un seul banc rocheux cohérent.

Un tel banc rocheux dont le microscope nous a révélé l'architecture, dont les matériaux sont classés par ordre de grandeur, les plus gros en bas, les plus fins au sommet, et qui contient la même faune que les calcaires pélagiques à Lagenas, qui ne se déposaient pas dans le même temps, représente bien un épisode de sédimentation. L'étude stratigraphique nous montre d'ailleurs que les bancs de roches de cette nature sont situés plus près de la région où se trouvait la côte que ne le sont, quand ils se forment, les bancs du calcaire pélagique à Lagenas. Et cette remarque nous permet de préciser l'épisode qui a provoqué la formation de la roche aux trois calcaires, et qui nous apparaît comme un mouvement de la mer donnant naissance à un flux chassant vers la côte tous les matériaux provenant du large et permettant leur précipitation pendant le temps du flux et du reflux, et donc aussi leur classement. Autant de bancs de ce type, autant d'épisodes identiques répétés.

Les bancs rocheux considérés ne sont pas de constitution homogène, et néanmoins ils forment une seule masse *parce qu'ils sont le résultat d'un seul épisode de sédimentation.*

Ce flux que nous venons d'envisager chassait les matériaux du large jusque vers le littoral, et nous les trouvons aussi mélangés à ceux qui forment les sédiments littoraux eux-mêmes. Il fut parfois d'une telle violence qu'il alla jusqu'à démanteler des sédiments déjà formés et consolidés et qu'il en put entraîner des masses considérables, vers la côte encore, donnant ainsi naissance à ces brèches qui firent parfois l'étonnement des géologues, et dont on ne pouvait trouver l'explication que par l'étude lithologique minutieuse de la constitution de leurs matériaux.

L'explication que nous venons de donner est-elle de nature à nous rendre compte de la division en bancs de tous les calcaires qui se formaient vers la même époque, en particulier de celle du calcaire que nous avons qualifié de pélagique ? Directement, je ne le crois pas, mais indirectement peut-être. En effet, ces bancs ont été formés par des matériaux qui s'accumulent sans classement, et, considérés isolément, ils ne mettent en évidence aucun mouvement de la mer comme celui auquel nous avons fait appel il y a un instant; mais ne seraient-ils pas la conséquence de mouvements de la mer identiques qui auraient à un certain moment, et brusquement, interrompu le dépôt des matériaux tel qu'il se produisait, et fait des matériaux déjà déposés une entité distincte de celle des matériaux qui se déposeront ensuite? Ainsi expliquerions-nous la succession des bancs de roches de même nature qu'on trouve par masse dans la série des terrains sédimentaires. Il nous apparaîtrait alors que la mer ne s'est pas comportée comme une masse d'eau inerte recevant les matériaux des terres émergées ou engloutissant sans ordre les êtres qui vivaient en son sein : elle agit pour les sédimenter et, par un mouvement rythmique, elle provoque la formation de chacune des couches de terrains, de chacun des bancs de roche.

Il n'y a pas que dans la région dont nous venons de parler qu'on peut faire des observations qui conduisent à des conclusions de cet ordre. Les roches des très anciens terrains aussi bien que celles des terrains crétacés nous montrent que l'épisode qui les a produites doit être aussi un mouvement de la mer, rythmique, qui amena vers la côte un flux provenant du large. On le voit très bien dans les vieux terrains dévoniens des Vosges d'Alsace, riches en roches siliceuses à Radiolaires en même temps qu'en sédiments gréseux, et où l'on peut encore observer que les mouvements de la mer furent parfois assez violents pour démanteler les sédiments fins qui se consolidaient

au large et en provoquer le remaniement au sein des sédiments grossiers.

Que faut-il penser de ces mouvements rythmiques de la mer ? Sont-ils les conséquences de mouvements du sol et, quand ces mouvements sont violents, sont-ils de véritables séismes auxquels seraient dus par l'action de violents raz de marée qui en seraient la conséquence, ainsi que l'a développé M. H. Douvillé, des bancs de brèches comme ceux que nous avons signalés ? Ont-ils une cause extra-terrestre ? N'ont-ils que cette seule cause, ou participent-ils au contraire de l'une et l'autre cause et se produit-il parfois des interférences de mouvements ? Ce sont là questions auxquelles le lithologiste ne peut répondre. A partir de ce point le chercheur se trouve hors du seul domaine des faits.

Bien d'autres problèmes se posent encore d'ailleurs pour le lithologiste et partant aussi pour le géologue. Nous avons cherché à préciser la nature de l'épisode de sédimentation, mais nous n'avons rien dit de la cause pour laquelle chaque dépôt correspondant à un épisode pouvait devenir massif et former précisément un banc rocheux. C'est là un des problèmes qui se posent avec le plus d'acuité en lithologie. Je ne puis ici que vous le signaler et vous dire qu'il y a une chimie du fond des mers qui présente un très vif intérêt. D'ailleurs, ce que l'étude de certaines particularités dans les conditions de gisement des roches nous apprend, c'est que celles-ci furent toujours rapidement consolidées : tout dépôt qui devait être rocheux était devenu solide avant le dépôt des matériaux du banc suivant.

Je vous ai parlé des roches et des problèmes qui se posaient à propos des roches elles-mêmes. J'aurais pu vous dire aussi comment par l'étude micrographique l'histoire géologique d'une région à une époque donnée peut être retracée, ainsi que l'a fait M. L. Cayeux dans une étude classique, pour la craie des régions du Nord et du Bassin

de Paris et vous auriez compris quel intérêt particulièrement vif se dégage de l'étude lithologique des sédiments, mais je ne voulais donner que quelques exemples qui vous permissent de concevoir dans quelle mesure la Lithologie et par conséquent le microscope pouvait permettre l'explication des phénomènes géologiques. Ainsi avez-vous pu comprendre comment le microscope expliquait l'histoire de la terre.

Peut-être, Messieurs, avez-vous, tout à l'heure, été tentés de plaindre ce géologue mal habillé, tout chargé de pierres, ce lithologiste que je vous ai présenté. N'en faites rien : c'est un homme heureux. Laissez-lui vous dire sa joie, sa très réelle joie, quand sur le terrain il récolte ses pierres, sa joie d'être en contact étroit avec la matière de la terre, sa joie de la voir et de l'examiner de si près, sa joie même d'être dans les carrières : les carrières ! Saurai-je vous dire, Messieurs, ce que sont les carrières ? Les grandes carrières qui entament les hauts plateaux et qui découvrent une masse épaisse de bancs rocheux ; les grandes carrières où l'on pénètre par un chemin défoncé et qu'on trouve en intensité d'exploitation, où les rochers grincent sous les scies et où l'on entend les marteaux qui rythmiquement tombent sur le fer qui sert à forer le trou de mine, rendant toujours un son monotone ? Et le calme de ces carrières à l'heure où les ouvriers sont partis ! Vous dirai-je aussi les carrières abandonnées où restent seulement quelques engins d'extraction, tiges de fer tordues qui se projettent sur le ciel, ou ces gros cordages rouillés qui pendent des parties hautes, et où l'on trouve encore la pierre fraîche ? Et les très vieilles carrières embroussaillées qu'on voit de loin sur le flanc des coteaux ou des montagnes, mais qu'on ne distingue plus dès qu'on en approche et dans lesquelles on ne sait comment pénétrer, où la pierre est patinée, où les chemins sont herbeux et où dans le fond stagne l'eau verte d'une mare ? Ces carrières ! vous les dirai-je au grand soleil

d'été, quand le front de taille réfléchit durement la lumière et qu'il vous éblouit au point qu'on peut à peine le regarder, ou bien sous la petite pluie fine qui tombe doucement mais avec persistance et qui, on le sait bien, durera tout le jour, alors qu'on a cet ardent sentiment de la lutte avec la nature parce qu'il faut quand même, sous la chaleur intense et dans l'éclatement de la lumière ou... sous le parapluie, observer les roches et récolter les pierres ? Et vous comprendrez, n'est-ce pas, qu'à la jouissance intellectuelle du géologue s'ajoute une jouissance plastique.

Mais que vous dirai-je enfin des sentiments dont il est pénétré si, près du littoral, délaissant les carrières pour suivre la côte, là où la fraîcheur des affleurements toujours renouvelés rend les roches particulièrement propres à l'observation, il s'arrête à contempler la falaise, dont il détaille les bancs rocheux superposés, et qu'à travers le bruit de la mer il entend l'écho des vagues des océans des temps anciens?

JACQUES DE LAPPARENT
Professeur de Pétrographie à l'Université de Strasbourg.

Pierre Duhem

(1861-1916)

Notice sur ses travaux relatifs à l'histoire des sciences

Pierre-Maurice-Marie Duhem naquit à Paris, le 10 juin 1861. Après de brillantes études à Stanislas, où il était l'un des premiers dans une classe très forte, il se destina à l'enseignement, mais parut hésiter entre les lettres et les sciences. Il finit par se décider pour celles-ci, tout en conservant beaucoup de facilité et de goût pour les langues anciennes. Nous verrons avec quel talent il sut en profiter.

Il entra en 1882, à l'École Normale Supérieure, où il fut autorisé, en 1885, à faire une quatrième année d'études, et nommé l'année suivante agrégé préparateur de physique. Alors commencent pour lui quelques années d'une carrière un peu errante.

De 1887 à 1893, il est maître de conférences de physique à la Faculté des Sciences de Lille ; en 1893-1894, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Rennes ; enfin, en 1894-1895, chargé du cours de physique à la Faculté des Sciences de Bordeaux. Le 11 mai 1895, il fut promu au grade de professeur de physique théorique à cette même Faculté, position qu'il garda jusqu'à la fin de ses jours. Son enseignement y fut brillant ; ses ouvrages de physique mathématique et d'énergétique obtenaient un succès reten-

tissant ; à l'étranger on s'étonnait qu'un maître d'une telle valeur ne fût pas appelé à occuper l'une des chaires de la capitale. Nous ne recherchons plus aujourd'hui les causes qui s'y opposaient. Tout ce que nous pouvons dire, c'est qu'elles furent peu honorables pour les autorités politiques dirigeantes d'alors, et que, sans se plaindre bruyamment, Duhem en souffrait. A ces chagrins vinrent s'ajouter,en 1914, les amertumes de la guerre. Sa santé en fut prématurément ébranlée et il nous fut enlevé, dans sa maison de campagne de Cabrespine, près Carcassonne, le 14 septembre 1916.

Pierre Duhem fut sans doute un savant illustre, mais encore davantage un grand chrétien. Jamais il ne dissimula, si peu que ce fût, ses convictions de catholique ; courage et franchise qui en plus d'une circonstance nuisirent à sa carrière. Mais son mérite eut raison des préjugés et finit à la longue par vaincre toutes les oppositions. L'Académie des Sciences le nomma Correspondant, le 30 juillet 1900, et Membre non résident, le 8 décembre 1913. Duhem fut particulièrement sensible à cette dernière distinction et la considérait comme l'équivalent d'une nomination à l'une des grandes Écoles de Paris. Il était aussi docteur « honoris causa » de l'Université de Louvain. Nous l'avions nommé, depuis 1901, membre honoraire de la Société scientifique de Bruxelles.

Dans la *Notice sur ses titres et ses travaux* (1), qu'il dut, suivant l'usage, présenter à l'Académie des Sciences, quand il posa sa candidature à une place de Membre non résident, Duhem classa lui-même ses ouvrages en

(1) *Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem rédigée par lui-même lors de sa candidature à l'Académie des Sciences (mai* 1913*).* MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES DE BORDEAUX, 7e série, t. I, Paris, Gauthier-Villars, Bordeaux, Feret et fils, 1917 ; pp. 71-169.

Le même cahier renferme une belle notice biographique de Pierre Duhem, par son ami M. E. Jordan, professeur en Sorbonne ; pp. 9-39.

trois groupes : Recherches de physique théorique. Examen logique des théories physiques. Recherches sur l'histoire des théories physiques. C'est de ce dernier groupe et de ce dernier seul que nous allons parler.

I. *Histoire de la Chimie et de la Physique*

Les débuts de Duhem comme historien des sciences sont relativement récents, postérieurs de plusieurs années à ses premiers travaux de physique. Très indépendant d'idées, il fut toujours instinctivement hostile aux opinions toutes faites, admises sans preuves suffisantes. On ne s'étonnera donc pas que de bonne heure il se soit convaincu de la fragilité des théories physiques en vogue. Quelle était leur valeur objective ? Il avait sur le sujet son idée arrêtée. Mais, en professeur de physique avisé, il voulut soumettre son *hypothèse* au contrôle des faits. Or, en cette matière, les faits sont l'histoire des sciences. Car le souvenir des tentatives passées, de leur sort heureux ou malheureux, empêche le physicien d'accepter des hypothèses qui ont jadis conduit à des conséquences inadmissibles, et l'engage d'autre part à adopter des idées qui se sont déjà montrées fécondes. Voilà ce qui détermina Duhem à étudier l'histoire. Mais voilà aussi ce qui donne à ses recherches historiques un caractère particulier, sur lequel nous aurons plus d'une fois à revenir, et qu'il importe d'indiquer de prime abord. En effet, ces recherches ne nous seront pas données sous une forme purement objective, purement narrative, comme chez Montucla, comme chez Cantor, comme chez Paul Tannery. Duhem appartient plutôt à l'école de Zeuthen et, bien plus encore que chez le professeur de Copenhague, son œuvre prend facilement l'allure d'une étude philosophique sur l'histoire des sciences.

Loin de s'en cacher, Duhem en faisait profession jusque dans le titre de ses ouvrages. Ainsi, l'un des premiers

en date dont nous ayons à nous occuper est intitulé : *Les mixtes et la combinaison chimique. Essai sur l'évolution d'une idée* (1). Il parut en volume, mais il avait d'abord été publié dans la REVUE DE PHILOSOPHIE, sous un titre un peu différent qui, à mon sens, exprimait mieux l'idée de l'auteur : *La Notion de mixte. Essai historique et critique* (2). Critique et Histoire, c'étaient les deux mots propres ; Duhem eut tort de les changer.

L'*Essai* divisé en deux parties d'étendue très inégale comprenait dans la REVUE DE PHILOSOPHIE cinq articles, dont les quatre derniers rentraient en entier dans la seconde partie. Celle-ci était plutôt critique qu'historique, et il n'est aucun chimiste, si étranger soit-il à l'histoire de sa branche, qui ne connaisse les grands noms que Duhem y rencontrait. Toute cette seconde partie n'est qu'une critique fine des théories chimiques qui se succédèrent au cours du XIXe siècle. Avouons cependant sans détours que dès le second article plus d'un lecteur se sentit dérouté. Duhem s'en rendit-il compte ? Probablement, car en tête du troisième article, la Rédaction de la REVUE publiait l'avis suivant (3) :

« Pour orienter le lecteur et lui permettre de suivre plus aisément les idées développées dans les articles de M. Duhem, nous croyons devoir indiquer dès maintenant les principales conclusions de l'auteur.

» La notion de composé chimique s'est d'abord et longtemps développée dans un sens purement atomique.

» Aujourd'hui elle a évolué. Sous une forme plus précise et plus détaillée, mais non essentiellement différente, elle présente tous les caractères que les péripatéticiens attachaient à la notion de mixte.

» Seulement, l'analyse logique de la notion de mixte

(1) Paris, C. N. Naud, 1902.

(2) Première année. Paris, C. Naud, décembre 1900 à décembre 1901 ; pp. 69-99 ; 167-197 ; 331-357 ; 430-467 ; 730-745.

(3) P. 331.

était pour les péripatéticiens le fondement d'une théorie métaphysique ; pour la chimie moderne elle est le point de départ d'une théorie mathématique. »

En d'autres termes, pour la chimie moderne, les formules et la théorie ne sont plus que des *artifices* destinés à bien nous représenter les phénomènes et à leur appliquer commodément les principes de la mécanique mathématique.

La seconde partie des *Mixtes* contient, avons-nous dit, l'exposé des controverses qui surgirent au cours du XIXe siècle à propos des théories successives de la chimie organique. Il est intéressant de rapprocher le tableau qu'en peint Duhem et celui de M. Maurice Delacre dans son *Histoire de la Chimie* (1). Quelle verve chez l'un et chez l'autre, quand ils cinglent certains savants se disant positivistes et qui, dupés par des préjugés métaphysiques, ne craignent pas de falsifier les leçons des faits ! Les conclusions des deux professeurs ne sont pas, cependant, en tout point identiques. Tous deux admettent que la formule chimique n'est qu'un moyen d'écriture destiné, comme toute écriture, à rappeler une idée. Mais le professeur de Gand veut qu'on s'en tienne là. Il rejette toute hypothèse, la combat à priori comme nuisible, n'accepte d'autre théorie qu'un simple classement logique des faits. Le professeur de Bordeaux est moins intransigeant. Pour lui, l'hypothèse peut être utile, mais à la condition de l'entendre comme un simple postulat arbitraire et non pas comme une vérité dont l'existence est objectivement démontrée. Aller plus loin, c'est, d'après lui, empiéter sur le terrain étranger de la métaphysique. Il était d'ailleurs trop métaphysicien lui-même pour ne pas s'y aventurer à ses heures. Mais, à l'inverse des aristotéliciens —

(1) *Histoire de la chimie*, par Maurice Delacre, membre de l'Académie Royale de Belgique, professeur à l'Université de Gand. Paris, Gauthier-Villars, 1920. L'ouvrage a été couronné par l'Institut de France (Prix Binoux).

j'emploie pour désigner ces savants le mot qu'il affectionnait — quand il se risquait dans ce domaine, c'était avec la pleine conscience de quitter le terrain solide des faits bien établis pour le sol branlant de l'hypothèse, parlons clair, de la pure conjecture (1).

Revenons à la première partie de l'*Essai sur la Notion de Mixte*. Beaucoup plus riche en données historiques que la seconde, elle embrasse toute la période antérieure à Lavoisier. Duhem la divise en quatre chapitres : 1. Les mixtes selon les atomistes et les péripatéticiens de l'antiquité classique, notamment Lucrèce et Aristote. 2. La notion de mixte au XVIIe siècle, surtout chez Descartes. 3. La notion de mixte au XVIIIe siècle dans l'École newtonienne. 4. La notion de mixte au XVIIIe siècle dans l'école empirique, c'est-à-dire dans l'École phlogistique de Stahl.

A propos de cette partie de l'*Essai*, je ferai deux remarques : Dès ce premier travail d'histoire, on constate l'emploi volontairement restreint que Duhem fera toujours des travaux historiques antérieurs aux siens. Il les avait lus, mais le but qu'il poursuivait les lui faisait considérer comme d'importance secondaire. Pour contrôler, par l'histoire, la valeur d'une théorie, il croyait préférable de recourir directement aux sources, de n'appuyer ses jugements que sur la lecture des auteurs originaux. D'où ma seconde remarque : dans l'ordre chronologique l'*Essai* étant le premier travail historique important de Duhem, l'auteur n'a pas encore l'immense érudition que nous admirerons chez lui plus tard. Ainsi l'époque classique latine et grecque n'est étudiée, dans le premier chapitre, que sommairement. La période arabe est passée sous silence. Même silence relativement au Moyen Age. Seuls

(1) Voir sur ce sujet toute la seconde partie de la *Notice sur les titres et travaux scientifiques de Pierre Duhem*, citée ci-dessus, pp. 151-157. Duhem l'intitule : *Examen logique de la théorie physique*. Nulle part il n'a mieux résumé ses idées.

les XVIIe et XVIIIe siècles sont traités avec quelques développements. Mais, même sur le XVIIe et sur le XVIIIe siècle, Duhem nous a donné infiniment mieux vers la fin de sa carrière, dans un délicieux petit volume intitulé : *La chimie est-elle une science française ?* (1)

Ici l'auteur soutient de nouveau une thèse, mais cette fois c'est une thèse patriotique. Qui s'en étonnera ? Le volume fut écrit en 1916 ! La thèse ancienne sur la nature et la valeur des hypothèses chimiques, discutée dans l'*Essai sur la Notion de Mixte*, passe à l'arrière-plan, et l'histoire proprement dite de la chimie est plus facile à suivre.

Après un « Avant-propos », Duhem analyse les *Essays de Jean Rey, docteur en médecine, sur la recherche de la cause pour laquelle l'estain et le plomb augmentent de poids quand on les calcine*, publiés à Bazas, en 1630, par Guillaume Millanges, imprimeur ordinaire du Roy (2). Puis il passe au premier des cinq traités de Jean Mayow réunis en un volume édité à Oxford, en 1674, sous le titre de *Tractatus quinque medico-physici, quorum primus agit de sale nitro et spiritu nitro-aereo, secundus de respiratione...* etc. L'Anglais Jean Mayow, auteur de ces cinq traités, naquit, en 1645, dans le comté de Cornouailles. Seul le premier traité, consacré aux propriétés du salpêtre, intéresse la chimie. Après l'avoir examiné, Duhem parcourt les ouvrages de Robert Boyle, compatriote de Mayow, et atteint enfin le point culminant de son étude : l'influence de l'École phlogistique sur le développement de la chimie. Cette École est allemande et prétend enlever à Lavoisier la gloire d'avoir créé la chimie moderne ; aussi ses titres vont-ils être soumis au crible d'une critique serrée.

L'École phlogistique reconnaît pour ancêtre Jean-Joachim Bocher, né à Spire, en 1635. Bocher eut pour

(1) Paris, A. Hermann et fils, 1916.

(2) Une réédition de ce très intéressant ouvrage a été donnée récemment par Maurice Petit. Paris, Hermann, 1907.

disciple Georges Ernest Stahl, natif d'Anspach, vrai père de l'École. Duhem consacre d'abord un chapitre à l'œuvre de chacun d'eux ; puis il s'étend très longuement sur les vicissitudes de la théorie phlogistique au cours du XVIIIe siècle (1).

Avec Joseph Priestley, Duhem revient un instant aux Anglais, puis il étudie le Suédois Charles-Guillaume Scheele, pour terminer, enfin, par Lavoisier.

Et maintenant, comme résultat de cette longue analyse, l'auteur va-t-il nous affirmer, sans restrictions, que la chimie est une science française ? Non, car si le patriotisme l'influence bien un peu, il ne l'aveugle pas et la sentence prononcée est, somme toute, impartiale : Stahl et la chimie allemande furent la petite graine confiée au sol, mais Lavoisier, père de la chimie française, est le rejeton vigoureux qui en a germé. Écoutons le développement de cette pensée (2).

« Nos lecteurs, dit Duhem, nous ont fait reconnaître dans Stahl ce grand esprit qu'Adolphe Wurtz y avait salué, que les chimistes français du XVIIIe siècle y avaient admiré. Nous n'avons pas craint de le dire, et nous n'avons pas cru que cet hommage à la vérité pût offusquer la gloire de Lavoisier. La chimie de Stahl a vraiment préparé

(1) Il est malaisé de définir le phlogistique. Lavoisier a dit quelque part que c'était un véritable Protée qui changeait de forme à chaque instant. Étymologiquement le mot vient de φλόξ, φλογός, qui signifie flamme. Le phlogistique renferme, chez tous les auteurs, comme élément principal, la notion de chaleur. Stahl concevait la chaleur ou phlogistique sous la forme d'une substance matérielle, ou d'une *terre*, susceptible de se combiner avec les autres corps, mais qu'on n'était pas encore parvenu à isoler.

(2) Pp. 7 et 8. J'ai fait trop peu de recherches personnelles relatives à l'histoire de la chimie pour me permettre une critique proprement dite. Un doute me poursuit, cependant. N'est-ce pas plutôt dans Black Priestley Cavendish et l'école anglaise de chimie, que dans Stahl et l'école allemande, qu'il faut voir les véritables émules de l'école française de Lavoisier ? Voir : Delacre, *Hist. de la Chimie*, chap. V, La chimie de Lavoisier (pp. 114-196) et surtout le § VI, Les détracteurs de Lavoisier (pp. 174-196).

la chimie de Lavoisier ; celle-ci pour se développer à dû briser celle-là, mais comme le chêne pour croître fait éclater le gland. Pour apprécier exactement la grandeur du chêne, point n'est besoin de rapetisser le gland, et l'on peut tout à la fois admirer la robuste ramure qui est issue de cette graine et la graine minime qui contenait en germe un tel arbre. »

On voit par ce court aperçu que si le premier chapitre de l'*Essai sur la Notion de Mixte* faisait peut-être seulement prévoir l'historien de la chimie du XVIIIe siècle, cet historien se révèle pleinement dans *La chimie est-elle une science française ?*

Passons à l'histoire de la physique.

Duhem n'a pas écrit de nombreux articles qui lui soient formellement consacrés. C'est même avec quelque difficulté que j'y fais rentrer *L'évolution des théories physiques du XVIIIe siècle jusqu'à nos jours*. Mais comme cet article a paru dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1), j'ai cru devoir, sans l'analyser, en donner du moins le titre. Nos lecteurs se rappellent probablement que c'est plutôt une étude philosophique qu'un travail de recherche historique. Je me contenterai aussi de mentionner le titre d'une note *Sur le temps où la scolastique latine connut la physique d'Aristote*, publiée dans la REVUE DE PHILOSOPHIE (2). Mais *L'Optique de Malebranche* est un travail plus important. Il parut, pendant la guerre, dans la REVUE DE MÉTAPHYSIQUE ET DE MORALE (3), à l'occasion du deuxième centenaire de la mort de Malebranche.

L'auteur se propose de raviver le souvenir de ce physicien modeste, trop peu connu. Comme il lui arrive souvent, nous le verrons, Duhem prend ce sujet de

(1) T. XL, Louvain, 1896 ; pp. 463-499.

(2) T. XV (neuvième année, t. II). Paris, Beauchesne, 1909 ; pp. 163-168.

(3) 23e année, Paris, Armand Colin, 1916 ; pp. 37-91.

beaucoup plus haut que ne le fait prévoir le titre. Il nous parle successivement des hypothèses de l'optique selon Descartes ; de la détermination, par Roemer, de la vitesse de la lumière ; des hypothèses de l'optique selon Huygens ; de la théorie des couleurs avant Newton ; des hypothèses de l'optique suivant Newton ; pour arriver enfin à la partie principale de son étude : l'optique de Malebranche. Il conclut en nous rappelant le vrai motif pour lequel, en optique, le nom du physicien français ne peut être oublié : Malebranche entrevit que les rayons lumineux ne vibraient pas avec la même vitesse, mais que celle-ci augmentait du rayon rouge au rayon violet.

« La théorie des interférences, dit à ce propos Duhem (1), devait un jour donner au physicien le moyen de mesurer la durée des vibrations lumineuses, partant de démontrer qu'au long du spectre du rouge au violet la fréquence des vibrations va sans cesse en croissant ; sans être en état de prouver cette vérité, Malebranche eut du moins le mérite de la deviner. »

II. *Les Origines de la Statique*

Dans le premier chapitre je n'ai fait, pour ainsi dire, que déblayer le terrain, car l'histoire de la statique suggéra à Duhem des travaux de bien plus grande envergure que ceux qu'il consacra à l'histoire de la chimie et de la physique. Il débuta par une note assez courte, mais très remarquée, qu'il donna à la BIBLIOTHECA MATHEMATICA : *Archimède connaissait-il le paradoxe hydrostatique ?* (2) Dans sa *Mécanique Analytique* (3), Lagrange avait répondu

(1) P. 89.

(2) 3e série, t. I, Leipzig, Teubner, 1900 ; pp. 15-19.

(3) Première partie, section VI. Dans l'édition des *Œuvres de Lagrange*, publiées par les soins de MM. J. A. Serret et Gaston Darboux, sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique, t. XI, Paris, Gauthier-Villars, M DCCC LXXXVIII ; pp. 189-196.

par l'affirmative. D'après lui, Stevin n'aurait fait que mettre en évidence l'apparence paradoxale de la loi de la pression des liquides sur le fond des vases. Duhem ne se range pas à cet avis, et après une discussion minutieuse des textes d'Archimède, il conclut à la nécessité de reviser le jugement de Lagrange, en restituant à Stevin l'honneur d'avoir posé les vraies bases de l'hydrostatique.

Ce petit travail faisait de nouveau prévoir un maître et Duhem ne tarda pas à vérifier la haute opinion qu'on s'était faite de lui, en commençant la publication des *Origines de la Statique*.

Les anciens lecteurs de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES ne peuvent manquer de se rappeler cette magnifique série d'articles qui, de 1903 à 1906, venaient régulièrement tous les trois mois leur ménager une heure de distraction (1). Ils n'ont pas oublié non plus l'impression étrange, disons même parfois un peu déconcertante, que leur laissait, néanmoins cette lecture. Chaque chapitre pris isolément était parfaitement clair ; l'ensemble paraissait confus, décousu, écrit sans plan bien arrêté. A plus de quinze ans de distance, il est intéressant d'en rechercher aujourd'hui la cause.

Quatre chapitres avaient paru, sous les titres respectifs de : Archimède et Aristote ; Léonard de Vinci ; Jérôme Cardan ; L'impossibilité du mouvement perpétuel, quand m'étant rendu un jour à Louvain, j'y rencontrai le P. Thirion. Il me demanda aussitôt ce que je pensais du mémoire de Duhem dont il venait d'accepter la publication dans la REVUE. Très intéressé, je le félicitai vivement et je le priai de bien vouloir me laisser lire la partie inédite du manuscrit. « Je ne l'ai pas encore, me répondit-il. M. Duhem ne l'a pas achevée. Il lui restait plusieurs lectures à faire,

(1) T. LIV, 1903, pp. 569-576 ; t. LVI, 1904, pp. 9-66 et 394-473 ; t. LVII, 1904, pp. 96-149 et 462-524 ; t. LVIII, 1905, pp. 115-201 et 508-558 ; t. LIX, 1906, pp. 115-148 et 383-441 ; t. LX, 1906, pp. 65-109.

Il m'a promis les chapitres suivants au fur et à mesure qu'il les aurait écrits. »

« En ce cas, lui dis-je, je ne serais pas étonné, si ses nouvelles lectures décidaient M. Duhem à ajouter des compléments à la période dont il vient d'écrire l'histoire. Moi-même j'ai beaucoup lu Stevin. Le Brugeois a approfondi Archimède et Cardan, mais me paraît ignorer totalement Léonard de Vinci, auquel M. Duhem attribue un si grand rôle. Si Stevin a subi l'influence de Léonard, ce n'est en tout cas que fort indirectement. D'autre part, je connais deux petits traités *De ponderibus* (1) attribués l'un et l'autre à Jordan de Némore. M. Duhem finira par les rencontrer et je serais surpris qu'il n'y attachât pas d'importance. »

Au moment où je parlais, c'était chose faite, et je pus m'en apercevoir dès le chapitre suivant. Mais j'appris bien d'autres détails sur l'imprévu des découvertes de Duhem, quand, plus tard, je lus la « Préface » (2) des *Origines de la Statique* publiées en volume séparé. Les remaniements apportés au plan primitif de son mémoire que j'avais simplement soupçonnés, Duhem les avouait, les proclamait bien haut. Écoutons-le.

Voici d'abord, sur l'état rudimentaire où il trouvait l'histoire de la statique, quelques constatations.

« Avant d'entreprendre l'étude des origines de la statique, dit-il, nous avons lu les écrits peu nombreux qui

(1) Liber Jordani Nemorarii viri clarissimi, de Ponderibus propositiones XIII & earumdem demonstrationes, multarumque rerum rationes sane pulcherrimas complectens, nunc in lucem editus. Cu(m) gratia & privilegio Imperiali, Petro Apiano Mathematico Ingolstadiano ad XXX. annos co(n)cessum.

A la fin : Excussum Norimbergae per Io. Petreium, Anno Domini M. D. XXXIII.

Jordani opusculum De Ponderositate, Nicolai Tartaleae studio correctum novisque figuris auctum. Venetiis, apud Curtium Trojanum ; M. D. LXV.

(2) Paris, Hermann, t. I, 1905 ; t. II, 1906.

traitent de l'histoire de cette science : il nous avait été facile de reconnaître qu'ils étaient la plupart du temps bien sommaires et bien peu détaillés, mais nous n'avions aucune raison de soupçonner qu'ils ne fussent pas exacts, au moins dans leurs grandes lignes. En reprenant donc l'étude des textes qu'ils mentionnaient, nous prévoyions qu'il nous faudrait ajouter ou modifier bien des détails, mais rien ne nous laissait soupçonner que l'ensemble même de l'histoire de la statique pût être bouleversé par nos recherches.

Or, voilà pourtant ce qui arriva, mais Duhem ne s'en aperçut qu'après la publication des premiers chapitres de ses *Origines de la Statique*. C'est cette remarque tardive qui l'obligea, par exemple, à traiter, dans le chapitre V, le problème des sources alexandrines de la statique du Moyen Age, qui aurait dû venir beaucoup plus tôt : c'est elle encore qui lui fit consacrer les chapitres VI et VII à la statique de Jordan de Nemore, qui aurait dû être étudiée avant celle de Leonard de Vinci et celle de Cardan ; c'est elle, enfin, qui au chapitre VIII fait revenir Duhem sur la statique de Leonard de Vinci à laquelle il avait déja consacré le chapitre II. Mais il est nécessaire d'entendre en tout ceci les termes mêmes de son plaidoyer justificatif (1).

« Nous avions commencé à retracer le développement de l'histoire de la statique, en les pages hospitalières de la Revue des Questions scientifiques, nous avoue-t-il, lorsque la lecture de Tartaglia, dont aucun historien de la statique ne prononce même le nom, vint inopinément nous montrer que l'œuvre déja commencée devait être reprise sur un plan entièrement nouveau. »

Soit dit en passant, lorsqu'il affirmait qu'aucun historien de la statique n'avait parlé de Tartaglia, Duhem commettait une inexactitude, qu'il rectifia d'ailleurs plus tard,

(1) P. II.

dans la « Préface » du second volume des *Origines de la Statique* (1). La mécanique de Tartaglia avait fait l'objet d'un mémoire important de M. Vailati, présenté, en 1897, à l'Académie Royale des Sciences de Turin (2). Mais continuons :

« Tartaglia bien avant Stevin et Galilée avait déterminé la pesanteur apparente d'un corps pesant sur un plan incliné. Il avait très correctement tiré ces lois du principe dont Descartes devait plus tard affirmer l'entière généralité. Mais cette belle découverte, dont aucune histoire de la mécanique ne faisait mention, n'était pas le fait de Tartaglia, elle était dans son œuvre un impudent plagiat ; Ferrari le lui reproche durement et revendique cette invention pour un géomètre du XIIIe siècle, pour Jordan de Némore.

» Deux traités avaient été publiés au XVIe siècle comme présentant la statique de Jordan de Némore,— ce sont précisément ceux auxquels j'ai fait allusion ci-dessus, — mais ces deux traités étaient si différents, ils se contredisaient parfois si formellement, qu'ils ne pouvaient être l'œuvre d'un même auteur. Si nous voulions connaître exactement ce que la mécanique doit à Jordan et à ses disciples, il nous fallait remonter aux sources contemporaines, aux manuscrits.

» Force nous fut donc de dépouiller tous les manuscrits relatifs à la statique que nous avons pu découvrir à la Bibliothèque Nationale et à la Bibliothèque Mazarine. Ce dépouillement nous a conduit à une conséquence tout à fait imprévue. » J'abrège, mais voici la fin de la citation de Duhem résumée en deux propositions : Le Moyen Age occidental a reçu, tantôt directement, tantôt par l'intermédiaire des Arabes, certaines théories helléniques rela-

(1) P. I.

(2) *Il principio dei lavori virtuali da Aristotele a Erone d'Allessandria*, ACCADEMIA REALE DELLE SCIENZE DI TORINO, vol. XXXII, séance du 13 juin 1897. Je donne cette indication d'après Duhem.

tives au levier et à la balance romaine. Le Moyen Age a eu sa statique propre, qui par Jordan de Némore influença Léonard de Vinci et par Léonard toute la science.

Je consacrerai plus loin un chapitre entier aux recherches de Duhem sur Léonard de Vinci. Pour le moment, je voulais simplement expliquer pourquoi, dans les *Origines de la Statique*, l'auteur semble si souvent hésiter, pourquoi il reprend à plusieurs reprises des sujets déjà traités et y revise ses premières conclusions. Nous le savons maintenant. C'est qu'à ses conclusions dernières, il n'est arrivé qu'après des lectures nouvelles dont il ne pouvait prévoir la nécessité, et que ces lectures furent faites quand l'ouvrage était déjà partiellement publié.

Celui qui se sert des *Origines de la Statique* fera donc bien de se demander si les conclusions qu'il rencontre dans le corps de l'ouvrage sont conformes à celles de la fin. Reproduire ici ces dernières ferait double emploi ; on peut les lire ailleurs dans la Revue. Mais, Duhem en a résumé les traits principaux dans deux *Notes* (1) adressées à ses collègues de l'Institut de France, dans les séances où il leur présenta ses *Origines de la Statique*. Ces *Notes* étaient jointes aux volumes présentés. En voici quelques extraits.

Trois textes différents, mais provenant cependant d'une même source, ont dans les manuscrits le titre *De Ponderibus Jordani*. Peut être leur faut-il même adjoindre un quatrième texte attribué erronément par les manuscrits à Euclide. Ces textes, tous différents entre eux, ont été inspirés par la rédaction originale de Jordan ; ainsi s'explique l'identité de leurs titres. Duhem croit avoir retrouvé la rédaction primitive dans un manuscrit du

(1) *Sur les origines du principe des déplacements virtuels*, Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, t. 141 ; Paris, Gauthier-Villars, 1905 ; pp. 524-526. — *Sur l'histoire du principe employé en statique par Torricelli ;* Ibid., t. 143, 1906, pp. 809-812.

XIIIe siècle appartenant à la Bibliothèque Mazarine (1). Ce manuscrit a des lacunes, mais la Bibliothèque Nationale en possède une excellente copie du XVe siècle calligraphiée par Arnaud de Bruxelles (2) qui permet de les combler. Un autre manuscrit (3) de la Bibliothèque Nationale conserve le texte publié, d'ailleurs très fautivement, à Venise, en 1565, par Curtius Trojanus. C'est une des éditions que nous avons déjà mentionnée deux fois. Le manuscrit du XIIIe siècle de la Bibliothèque Mazarine prouve qu'on ne saurait voir le texte primitif de Jordan de Némore dans la version acceptée par Curtius Trojanus.

Mais voici où le manuscrit de la Mazarine prend une importance de premier ordre. Il nous apprend un fait capital, absolument ignoré avant Duhem et d'ailleurs parfaitement imprévu. Avec quelques postulats, erronés il est vrai, Jordan s'appuie implicitement sur ce principe que Descartes a placé à la base de toute la statique : « Il faut même puissance pour élever un certain poids à une certaine hauteur, que pour élever un poids k fois plus grand à une hauteur k fois moindre ».

Qui eût cru, avant Duhem, qu'un scolastique du Moyen Age eût fait une découverte d'une telle importance ? Et si j'emploie le mot « découverte », c'est en y attachant son sens propre ; car ni l'École d'Aristote, ni celle d'Archimède ne semblent avoir soupçonné le principe de Jordan et de Descartes. Ce principe est sans doute loin d'avoir eu, dès le XIIIe siècle, force de loi universellement acceptée. Mais il fut fécond. Léonard de Vinci et Cardan le méditèrent. Par leur intermédiaire et par celui de leurs successeurs il parvint au philosophe français qui le fit désormais admettre comme vérité incontestable.

Ces réflexions sur le principe de Jordan et de Des-

(1) Ms. nº 3642, ancien nº 1258.

(2) Ms. 10252. Nous y reviendrons dans le ch. VIII.

(3) Fond latin nº 7378A. Le Ms. Fond latin nº 8680A contient le même texte.

cartes se rapportent surtout au premier volume des *Origines de la Statique.* Le second volume nous retrace l'histoire du principe adopté par Torricelli comme fondement de sa théorie de l'équilibre des corps : « Un système est en équilibre lorsque tout dérangement virtuel du système obligerait le centre de gravité à s'élever ». Il est clair que des expressions comme « dérangement virtuel » ne se rencontrent pas chez Torricelli. J'ai énoncé le principe sous sa forme moderne. Au XVIIe siècle on préférait des formules comme celles-ci : « Un corps est en équilibre quand son centre de gravité est le plus bas possible ».

Duhem montre comment par des remaniements et des corrections successifs le principe de Torricelli dérive de cet autre principe enseigné par Aristote : « Tout grave tend vers son lieu naturel ». Mais qu'était-ce que le lieu naturel d'un grave ? Pour Aristote c'était le centre du monde, c'est-à-dire, le centre de la terre ; opinion qui fut admise sans discussion pendant des siècles. Après la révolution copernicienne le lieu naturel d'un grave placé à la surface d'un astre devient le centre de gravité de cet astre, ce qui d'ailleurs au point de vue pratique des lois de l'équilibre des corps terrestres revenait évidemment au même.

Je serais intarissable si je voulais noter ici toutes les réflexions intéressantes que les *Origines de la Statique* suggèrent. Je ne puis cependant quitter ce beau mémoire sans signaler aux lecteurs de la REVUE quelques additions que l'auteur a ajoutées à son travail primitif et qui n'ont pas paru dans notre recueil.

Il y a d'abord les vingt-deux Notes complémentaires — trois dans le tome I, dix-neuf dans le tome II — que Duhem publia pour la première fois dans ses *Origines de la Statique* éditées en volumes séparés. Sans les énumérer toutes, j'indiquerai cependant celle qui est intitulée : *Sur le traité des « Météores » faussement attribué à Jean Duns*

Scot (1). Je la choisis à cause d'une seconde note qui la complète dans l'ARCHIVIUM FRANCISCANUM HISTORICUM (2). Elle fera deviner l'intérêt des autres.

On le sait, le célèbre Wadding publia à Lyon, en 1639, les *Joannis Duns Scoti Opera omnia.* Il crut pouvoir y admettre un traité intitulé *Meteorologicorum libri quatuor*, titre auquel il ajouta prudemment ces mots, sans nom d'auteur : *Opus quod non antea lucem vidit, ex Anglia missum.* Il attribuait néanmoins avec conviction l'ouvrage à Duns Scot, comme cela ressort de la dissertation de Wadding qui accompagne l'édition du texte.

Dans la Note des *Origines de la Statique*, Duhem cherche à prouver que Wadding se trompe ; mais son argumentation n'est pas encore sans réplique. Ses recherches ultérieures dans les vieux manuscrits lui firent rencontrer la preuve décisive qu'il n'avait d'abord pas trouvée. L'auteur quel qu'il soit du traité des « Météores » cite le traité *De Proportionibus* de Thomas Bradwardin. Or, deux manuscrits de la Bibliothèque Nationale (3) contiennent le traité de Bradwardin avec la date de sa composition, 1328 ; il est donc de vingt ans postérieur à la mort de Jean Duns Scot. C'est l'intéressant résultat que Duhem fit connaître dans l'ARCHIVIUM FRANCISCANUM HISTORICUM.

III. *Autres travaux sur l'histoire de la mécanique*

Outre son grand mémoire sur les *Origines de la Statique*, Duhem a fourni à l'histoire de la mécanique de nombreuses contributions de moindre étendue. Parcourons-les rapidement.

(1) T. II, pp. 326-336.

(2) *Sur les « Meteorologicorum Libri quatuor » faussement attribués à Jean Duns Scot.* ARCHIVIUM FRANCISCANUM HISTORICUM, t. III ; Imprimerie du Collège de Saint-Bonaventure à Quaracchi près Florence, 1910 ; pp. 615-625.

(3) Fond latin n° 16621 et n° 14576.

Voici d'abord trois petites notes relatives à Jordan de Némore. Elles ont pour but de mettre au point certains problèmes sur Jordan déjà touchés dans les *Origines de la Statique*, ou d'apporter quelques renseignements nouveaux concernant ce personnage trop ignoré. Deux de ces notes furent données à la BIBLIOTHECA MATHEMATICA sous les titres de : *Un ouvrage perdu cité par Jordan de Némore : Le Philotechnes* (1), et *L'Algorithmus demonstratus* (2).

L'Algorithmus demonstratus est un traité d'arithmétique du XIIIe siècle. On l'attribue souvent de nos jours à Jordan de Némore. A tort, dit Duhem, qui, dans la note précitée, apporte les motifs de son opinion. Quant au *Philotechnes*, autrement dit « L'Ami de l'Art », c'est une géométrie pratique. Jordan la cite à plusieurs reprises et une fois à la première personne, ce qui soulève un problème intéressant. Jordan est-il l'auteur du *Philotechnes* ? N'est-il pas plutôt le simple traducteur d'un *Philotechnes* ancien ? Plusieurs indices font croire que Jordan savait le grec. Il est donc fort possible qu'il ait traduit un ouvrage de source hellénique. C'est l'idée que Duhem développe dans le FESTSCHRIFT MORITZ CANTOR (3), publié à l'occasion du 80e anniversaire de la naissance du maître de Heidelberg.

En 1895, Duhem donna, dans la REVUE DES DEUX MONDES, une suite de trois articles sur *Les Théories de la Chaleur* (4), qu'il intitula respectivement : 1. *Les pré-*

(1) 3e série, t. V, Leipzig, Teubner, 1904 ; pp. 321-325.

(2) 3e série, t. VI, Leipzig, Teubner, 1905 ; pp. 9-15.

(3) Leipzig, Veit, 1909 ; pp. 88-92. L'article est intitulé : *A propos du* Φιλοτεχνης *de Jordan de Némore*. Les travaux du FESTSCHRIFT MORITZ CANTOR avaient été réunis par les soins de MM. Siegmund Gunther et Karl Sudhoff. Ils parurent dans l'ARCHIV FÜR DIE GESCHICHTE DER NATURWISSENSCHAFTEN UND DER TECHNIK dont le FESTSCHRIFT n'est en réalité qu'un tirage à part contenant tous les mémoires écrits à l'occasion du 80e anniversaire de la naissance de Cantor. Celui de Duhem s'y trouve pp. 380-384.

(4) T. 129. Paris, 1895, pp. 859-901 ; t. 130, même année, pp. 380-415 et 851-868.

curseurs de la théorie de la chaleur. 2. *Les créateurs de la thermodynamique*. 3. *Chaleur et mouvement*. Il suffit de les mentionner, car nous ne sommes qu'en 1895. Sans doute, Duhem s'intéresse déjà à l'histoire des sciences et même beaucoup ; mais il n'en a pas encore fait l'un des principaux buts de ses études. Aussi, malgré les titres spéciaux des articles qui pourraient faire croire le contraire, *Les Théories de la Chaleur* sont moins un travail d'histoire, qu'un mémoire d'ordre philosophique.

Il n'en est pas de même d'une autre série de trois articles relatifs à l'histoire des lois de l'équilibre des fluides qui fut publiée dans la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES.

Voici d'abord *Le principe de Pascal.Essai historique* (1). Duhem commence par reproduire avec un plaisir marqué quelques passages du *Traité de l'équilibre des liqueurs*, qui vont servir de base à la discussion. Le vieil humaniste s'est réveillé en lui quand il a relu ces belles pages. Après cela, il nous dit successivement l'influence du P. Marin Mersenne, l'influence de Simon Stevin, celle de Giovanni Benedetti, celle de Galilée, celle de Descartes, celle de Torricelli. Il se demande, enfin, le dessein de Pascal composant le *Traité de l'équilibre des liqueurs*. Voici la réponse.

Au moment où l'auteur l'écrit, toutes les vérités qui constituent l'hydrostatique ont été découvertes, mais elles gisent pêle-mêle et sans rapport entre elles, attendant qui les relèvera, qui les réunira, qui de ces matériaux épars construira une doctrine logique et harmonieuse. Voilà le but du Traité. Il eût suffi pour mériter au grand géomètre l'admiration reconnaissante de la postérité.

Cet article est le seul que Duhem ait consacré directement à Pascal. C'est le moment de dire en passant que le professeur de Bordeaux écrivit pour M. Albert Maire la « Préface » du volume que l'érudit bibliothécaire de

(1) T. XVI ; Paris, Armand Colin, 1905 ; pp. 599-610.

la Sorbonne consacra à *L'Œuvre scientifique de Blaise Pascal* (1).

Revenons à la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES. Nous y trouvons maintenant deux articles relatifs au *P. Marin Mersenne et la pesanteur de l'air* : *Le P. Marin Mersenne et le poids spécifique de l'air. Le P. Marin Mersenne et l'expérience du Puy-de-Dôme* (2).

Qui a imaginé le premier la célèbre expérience du Puy-de-Dôme ? demande Duhem. Est-ce Pascal ? Est-ce Descartes ? La question a donné lieu à de très vifs débats. Tantôt les érudits ont été favorables à Pascal, tantôt ils se sont prononcés en faveur de Descartes. Nous serions tenté de donner cette réponse : Celui qui a projeté le premier de faire l'expérience du Puy-de-Dôme, c'est le P. Mersenne.

Pour parler plus exactement, l'expérience du Puy-de Dôme, très facile à imaginer, a pu être conçue par Pascal, par Descartes, par bien d'autres encore. Mais le premier écrit où elle se trouve proposée est un livre du P. Mersenne. Il est donc naturel d'attribuer à celui-ci la priorité de cette idée. Pour la lui enlever, il faudrait démontrer que le projet de l'expérience du Puy-de-Dôme est dans son œuvre un apport étranger, qu'il l'a reçue d'autrui toute formée. Nous allons voir au contraire qu'elle devait naître spontanément dans l'esprit du minime.

Pour établir cette thèse, Duhem discute, dans autant de chapitres, les problèmes suivants : Les premières tentatives pour déterminer la pesanteur de l'air et Jérôme Cardan. Les *Essays* de Jean Rey et la première correspondance de Jean Rey avec Mersenne. Les premières tenta-

(1) Albert Maire, bibliothécaire de la Sorbonne *L'Œuvre scientifique de Blaise Pascal. Bibliographie analytique et critique de tous les travaux qui s'y rapportent.* Préface par Pierre Duhem, professeur à l'Université de Bordeaux, correspondant de l'Institut. Paris, Hermann, 1912.

(2) T. XVI ; Paris, Armand Colin, 1906 ; pp. 769-782 et 809-817.

tives de Mersenne pour déterminer le poids spécifique de l'air. L'horreur du vide et la densité de l'air selon Galilée. Le procédé de Mersenne et de Descartes pour déterminer le poids spécifique de l'air. Le P. Marin Mersenne et l'expérience de Torricelli. Le P. Marin Mersenne et l'expérience du Puy-de-Dôme. Après quoi, Duhem conclut dans les termes suivants (1) :

« Torricelli avait expliqué la suspension du mercure dans le tube barométrique par la pression qu'exerçait l'air pesant. Si cettee xplicatione st exacte, la hauteur du vif-argent dans le baromètre doit être moindre lorsqu'on transporte l'instrument au sommet d'une montagne que lorsqu'on l'observe au bas de cette montagne. L'idée de cette expérience de contrôle est si simple qu'elle a pu s'offrir à l'esprit de nombreux physiciens, entre autres de Pascal et de Descartes. Mais le P. Marin Mersenne qui l'avait imaginée de son côté en a le premier publié le projet et signalé l'importance, dans un livre dont l'impression fut achevée le 1er octobre 1647 (2). C'est seulement le 19 septembre 1648, que l'expérience fut faite à la base et au sommet du Puy-de-Dôme, sur la demande de Pascal, par son beau-frère Périer. »

C'est encore dans la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES que parut, en 1903, une très remarquable suite de sept articles (3) sur *L'Évolution de la*

(1) *Op. cit.*, p. 817.

(2) Duhem fait allusion à un ouvrage dont voici le titre complet : *Novarum observationum physico-mathematicarum F. Marini Mersenni Minimi, tomus III, quibus accessit Aristarchus Samius de Mundi systemate.* Parisiis, Sumptibus Antonii Bertier, via Iacobaea, sub signo Fortunae, M. DC. XLVII. Mersenne s'est notamment occupé de la détermination du poids spécifique de l'air, dans le Caput VI, De aere ponderando, pp. 101-105. A la lecture de la PRAEFATIO AD LECTOREM il constate qu'elle a été imprimée après le corps de l'ouvrage. Le Privilège est suivi de ces mots : « Peracta est haec impressio die 1 octobris 1647 ».

(3) T. XIV ; Paris. Armand Colin, 1903. Voici les titres des articles : I. Les diverses sortes d'explications mécaniques, pp. 63-73. II. La

Mécanique, réunis plus tard en volume (1), mais dont cependant le premier article seul paraît pouvoir rentrer dans notre sujet. Il a pour objet les *diverses sortes d'explications mécaniques*. J'en donnerai, je crois, une idée suffisante en transcrivant les titres des cinq chapitres qui le composent : 1. La mécanique péripatéticienne. 2. La mécanique cartésienne. 3. La mécanique atomique. 4. La mécanique newtonienne. 5. La force et les vertus occultes.

Passons au délicieux examen que Duhem a fait d'un ouvrage célèbre : *L'Étude historique et critique du développement de la mécanique*, par Mach (2), et qu'il donna au BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES de Darboux (3). Sa fine analyse affecte en apparence la forme modeste d'un simple compte rendu, mais prend le développement d'un article. Avec quelle vivacité et quel plaisir il est écrit ! Mais aussi, sur les défauts qu'ils reprochent l'un et l'autre à l'enseignement actuel de la mécanique, quelle analogie d'idées chez le professeur de Vienne et celui de Bordeaux ! Savourons l'ironie de la conclusion finale de ce dernier (4) :

« Le livre de M. Mach a été écrit pour empêcher la mécanique de dégénérer en une suite de formules exactes

mécanique analytique, pp. 119-139. III. La théorie mécanique de la chaleur et de l'électricité, pp. 171-190. IV. Le retour à l'atomisme et au cartésianisme, pp. 247-258. V. Les fondements de la thermodynamique, pp. 301-314. VI. La statique générale et la dynamique générale, pp. 352-355. VII. Les branches aberrantes de la thermodynamique, pp. 416-429. Les simples énoncés de ces titres eussent fait deviner, sans que nous l'eussions dit, que, sauf dans le premier article, les recherches historiques passent au second rang.

(1) Paris, A. Joanin, 1903. L'ouvrage a été traduit en allemand et en polonais.

(2) Voici le titre de l'édition française, qui fait l'objet immédiat du compte rendu : *La Mécanique: Exposé historique et critique de son développement*, par Ernst Mach. Ouvrage traduit sur la quatrième édition allemande, par Émile Bertrand ; avec une Introduction d'Émile Picard. Paris, Hermann, 1904.

(3) 2e sér., t. XXVII ; Paris, Gauthier-Villars, 1903 ; pp. 261-283.

(4) Pages 282 et 283.

et précises, mais sèches et stériles. Dans l'enseignement français, pour des causes qu'il est inutile d'examiner, car tout le monde les connaît, la mécanique peu à peu vidée de tout contenu réel se trouve réduite à une forme rigide, mais morte. Dans l'*Introduction* qu'il a écrite pour le présent ouvrage, M. É. Picard n'hésite pas à qualifier la dynamique enseignée aujourd'hui de *science hiératique et figée*. Que les maîtres et les étudiants lisent et méditent la *Mécanique* du professeur Mach, ils y trouveront les principes de résurrection qui, sur les ossements desséchés de ce squelette, feront renaître la chair vivante et palpitante. »

J'ai réservé pour la fin de ce chapitre l'important mémoire intitulé *De l'accélération produite par une force constante* (1), qui doit nous retenir un peu plus longtemps que les précédents. Duhem le présenta au Congrès international d'histoire des sciences tenu à Genève du 4 au 8 septembre 1904. C'est, dit-il, « une note pour servir à l'histoire de la dynamique ». A notre avis, l'auteur est trop modeste, et c'est bien plus que cela. Si l'on en excepte les *Origines de la Statique*, cette soi-disant simple note est la contribution la plus considérable que l'auteur ait donnée à l'histoire des sciences de l'équilibre et du mouvement, en un mot, à l'histoire de la mécanique.

En voici, aussi brièvement que possible, le but, le sommaire du développement, la conclusion.

Et d'abord le *but*.

Aristote avait formulé cette loi : « Une force constante produit un mouvement uniforme, dont la vitesse est proportionnelle à la force qui l'engendre ».

Aujourd'hui nous professons cette autre loi : « Une force

(1) *Congrès international d'Histoire des Sciences. IIIe session tenue à Genève du 4 au 8 septembre 1904 sous la présidence de Paul Tannery.* Rapports et comptes rendus publiés par les soins du D^r Ed. Claparède. Genève, Kundig et fils, 1906. Le mémoire de Duhem s'y trouve pp. 859-915.

constante produit un mouvement uniformément accéléré, et l'accélération de ce mouvement est proportionnelle à la force qui sollicite le mobile ».

Pendant deux mille ans la première loi domine la mécanique ; la deuxième est à la base de la dynamique moderne. D'un côté, pas de force vive, passivité complète : une flèche lancée par l'arc ne continue à se mouvoir que parce qu'elle continue à être poussée par l'air ébranlé. C'est un des principes fondamentaux de l'École aristotélicienne. De l'autre côté, un mobile mis en mouvement par une certaine force a emmagasiné de l'énergie et continue à se mouvoir jusqu'à ce qu'une autre force vienne l'arrêter. Il y a un abîme entre les deux. Par quelles étapes successives a-t-on peu à peu passé de cette prétendue loi d'un mouvement uniforme, à la loi exacte du mouvement uniformément accéléré ? Voilà la question à laquelle répond le mémoire.

En voici le *sommaire*. 1. Les diverses explications de la chute accélérée des graves données en l'Antiquité et au Moyen Age. 2. L'origine de la notion d'*Impetus*, c'est-à-dire, de la force vive possédée par un corps en mouvement. 3. L'accélération et la dynamique de Léonard de Vinci. 4. Les théories dynamiques de Nicolo Tartaglia. 5. Jérôme Cardan, Gaspard Contarini, Benedictus Pererius. 6. L'accélération résulte d'une accumulation d'*Impetus*. 7. Les premières recherches de Galilée. 8. Les recherches ultérieures de Galilée. 9. Descartes et Beeckman montrent qu'une force constante produit un mouvement uniformément accéléré. 10. L'œuvre de Pierre Gassendi.

Après Descartes, Beeckman et Gassendi, *conclut* Duhem, le moment est venu où cette loi : « Une force constante produit un mouvement uniformément accéléré » est universellement acceptée. La dynamique moderne est créée.

« Sa naissance, ajoute-t-il (1), a été le résultat d'une

(1) P. 915.

évolution très lente, très complexe ; les quelques idées justes qui la composent se sont dégagées très péniblement des notions fausses avec lesquelles elles étaient confondues; bien souvent après avoir apparu un instant elles se sont voilées de nouveau pendant une longue durée ; presque toujours il est impossible de fixer avec précision l'instant où chacune d'elles s'est manifestée pour la première fois, presque toujours il est vain de vouloir nommer celui qui en fut le véritable inventeur. Il n'est guère de doctrine importante en mécanique qui ne prête aux mêmes remarques. »

IV. *Étude sur Léonard de Vinci*

Léonard de Vinci ! Qui ne connaît l'artiste ? Qui n'a admiré, du moins en photographie ou en gravure, la *Joconde* du Louvre ou la *Dernière Cène* du réfectoire de Sainte-Marie-des-Grâces à Milan ? Mais combien peu nombreux sont,au contraire,ceux qui savent que,chez Léonard, l'ingénieur-hydrographe, le naturaliste, le géomètre, le mécanicien, ne le cèdent en rien au Maître de la couleur ! Depuis longtemps, il est vrai, quelques érudits dépouillant les manuscrits du Vinci avaient fait connaître dans de savants volumes, ce fleuron ignoré de sa couronne. Mais ils sont rares, d'ordinaire, les lecteurs des mémoires érudits ! Comme tant d'autres, les travaux révélateurs de la science du grand artiste gisaient inaperçus dans les bibliothèques. Voilà pourquoi, lorsque les *Études sur Léonard de Vinci*, par Duhem, virent le jour et provoquèrent l'attention, plus d'un lecteur crut presque assister à une révélation.

La plupart des chapitres de l'ouvrage furent d'abord publiés dans le Bulletin Italien ; un chapitre consacré à l'Espagnol Dominique Soto et à la scolastique parisienne parut dans le Bulletin Hispanique, mais des

fragments considérables des deux premiers volumes y sont édités pour la première fois (1). Ces deux volumes ont le même sous-titre : *Ceux qu'il* (Léonard) *a lus et ceux qui l'ont lu* (2). Le troisième volume a un sous-titre différent : *Les précurseurs parisiens de Galilée* (3).

Je tâcherai tantôt de donner une appréciation d'ensemble sur ce long et beau travail, mais écoutons préalablement un instant l'auteur dans la « Préface » du tome premier.

(1) En voici le détail tel que je le trouve dans la *Liste des publications de Pierre Duhem*, qu'il dressa lui-même quand il présenta sa candidature à l'Académie et qui fut publiée dans les MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES DE BORDEAUX, 7e série, t. I, Paris, Gauthier-Villars ; Bordeaux, Feret et fils, 1917 ; pp. 46 et 47. Je la reproduis, parce qu'elle donne en même temps aussi sommairement que possible à nos lecteurs les grandes lignes du plan de l'ouvrage.

Tome I. 1. Albert de Saxe et Léonard de Vinci (BULLETIN ITALIEN, t. V, 1905, p. 1 et p. 113). 2. Léonard de Vinci et Villalpand (IBID., t. V, 1905, p. 237). 3. Léonard de Vinci et Bernardino Baldi (IBID., t. V, 1905, p. 309). 4. Bernardino Baldi, Roberval et Descartes (IBID., t. VI, 1906, p. 25). 5. Théon le fils du Juif et Léonard de Vinci (IBID., t. VI, 1906, pp. 97 et 185). 6. Léonard de Vinci, Cardan et Bernard Palissy (IBID., t. VI, 1906, p. 289). 7. La « scientia de ponderibus » et Léonard de Vinci. 8. Albert de Saxe. Ces deux derniers articles n'ont été publiés dans aucune revue.

Tome II. 1. Léonard de Vinci et les deux infinis. 2. Léonard de Vinci et la pluralité des mondes. Ces deux articles n'ont été publiés dans aucune revue. 3. Nicolas de Cues et Léonard de Vinci (BULLETIN ITALIEN, t. VIII, 1907, p. 87, p. 181 et p. 314 ; t. VIII, 1908, p. 18 et p. 216). 4. Léonard de Vinci et les origines de la géologie (IBID., t. VIII, 1908 p. 212 et p. 250).

Tome III. 1. Jean Buridan de Béthune et Léonard de Vinci (BULLETIN ITALIEN, t. IX, 1909, p. 27, p. 97 et p. 193). 2. La tradition de Buridan et la science italienne au XVIe siècle (IBID., t. IX, 1909, p. 338 ; t. X, 1910, p. 24, p. 95 et p. 202). 3. Dominique Soto et la Scolastique parisienne (BULLETIN HISPANIQUE, t. XII, 1910, p. 275 et p. 357 ; t. XIII, 1911, p. 147, p. 291 et p. 440 ; t. XIV, 1912, pp. 60 et 127). 4. La dialectique d'Oxford et la Scolastique italienne (BULLETIN ITALIEN, t. XII, 1912, p. 6, p. 95, p. 203 et p. 289 ; t. XIII, 1913, p. 16, p. 128 et p. 297).

(2) T. I, Paris, Hermann, 1906. T. II, Paris, Hermann, 1909.

(3) Paris, Herman, 1913.

On admire, dit-il en résumé, les génies qui ont découvert la vérité et l'ont manifestée au monde. Mais comment l'intelligence de ces hommes supérieurs a été illuminée, on l'ignore. Quelle voie ils ont suivie, quelles furent leurs hésitations sur le choix de la route à suivre, quels obstacles ils ont rencontrés en chemin, quels labeurs ils ont endurés, on ne le sait pas davantage. Voilà, cependant, ce qu'il importerait de connaître. Et voilà pourquoi il faut se féliciter, quand d'aventure l'un d'eux nous en fait la la confidence.

« Or, ajoute Duhem (1), parmi ceux qui ont initié l'esprit humain à l'intelligence de nouvelles vérités, il en est un (Léonard de Vinci) qui nous a laissé cette description minutieuse des démarches de sa pensée, qui a rédigé pour ainsi dire le journal du voyage de découvertes que fut sa vie ; au fur et à mesure qu'une proposition nouvelle s'offrait à ses méditations, il la notait avec une entière sincérité, sans dissimuler aucune de ses hésitations, aucun de ses tâtonnements, aucun de ses repentirs, car il n'écrivait que pour lui-même, en sorte que ses précieux brouillons nous permettent de suivre, depuis la première esquisse jusqu'au dessin arrêté et détaillé, les formes diverses qu'une invention a prises en la raison géniale de Léonard de Vinci.

« Les manuscrits de Léonard de Vinci sont donc des documents d'un prix inestimable, car ils sont uniques en leur genre ; aucun de ceux dont les méditations ont enrichi la science ne nous a donné, au sujet de la marche suivie par ses pensées, des indications aussi nombreuses, aussi détaillées, aussi immédiates. »

Duhem a donc compulsé les manuscrits de Léonard. Mais il ne s'en est pas tenu là. Pour mesurer le génie prodigieux du Vinci, il fallait le replacer dans le milieu scientifique si peu connu de la fin du XVe siécle et du début du XVIe.

(1) P. v.

Dans ce but, il importait avant tout de reconstituer ce milieu. D'où la nécessité, devant laquelle Duhem n'a pas reculé, de tant de longues recherches dans les manuscrits de la Bibliothèque Nationale et dans ceux de la Bibliothèque Mazarine ; de tant de dépouillements d'incunables, de tant d'extraits de vieux livres imprimés. L'auteur utilise à profusion la riche documentation qu'il avait ainsi accumulée. Peut-être même y met-il de la prodigalité, car, il n'y a pas à le dissimuler, dans les deux derniers volumes, Léonard de Vinci, l'acteur principal, passe au second rang, pour faire place à des personnages, sans doute intéressants, mais secondaires : Nicolas de Cues, Dominique Soto, Jean Buridan et bien d'autres, qui sont étudiés très minutieusement.

Tout cela est curieux, tout cela est neuf, tout cela est attachant. Et cependant — me sera-t-il permis de l'avouer ? — à une première lecture, on éprouve un sentiment d'écrasement sous la multitude des matériaux accumulés ; on étouffe, on est étourdi par l'érudition de l'auteur, on n'ose émettre un jugement personnel.

Malgré ma vive admiration pour l'auteur, il est un point où, à la réflexion, je ne parviens guère à me mettre d'accord avec lui. J'eusse toutefois hésité à le signaler, si je n'y étais encouragé par l'exemple de mon excellent et illustre ami, l'éminent éditeur des *Œuvres de Galilée*, M. A. Favaro (1). Le voici.

J'ai déjà dit, ci-dessus, qu'à la lecture des *Origines de la Statique* et devant le silence de Simon Stevin, j'avais été quelque peu surpris de l'importance hors de pair que Duhem attribuait à l'influence scientifique de Léonard de Vinci. Ce silence de Stevin était, je le veux bien, un argu-

(1) Voir notamment : *La place de Léonard de Vinci dans l'histoire des sciences.* SCIENTIA, t. XXVI, Bologne, Zanichelli, 1919, pp. 137-149, et *Léonard de Vinci a-t-il exercé une influence sur Galilée et son École?* SCIENTIA, t. XX, Bologne, Zanichelli, 1916, pp. 247-265. Ces deux articles, traduits de l'italien, sont publiés en français.

ment purement négatif, auquel je n'accorde plus d'ailleurs qu'une médiocre valeur. N'importe, j'ai lu depuis le brillant plaidoyer par lequel l'avocat de Léonard cherche à établir sa thèse. Il ne m'a pas pleinement convaincu. La solidité des conclusions ne saurait dépasser celle des prémisses. Or, les preuves apportées sont souvent de simples conjectures, trop rarement corroborées par l'aveu formel de ceux qui auraient prétendument fait des emprunts au Vinci. Beaucoup d'entre eux étaient, cependant, des écrivains loyaux et sincères, ce que Duhem lui-même ne songeait pas à nier. Je crois donc que *Ceux qui ont lu* Léonard de Vinci ont été en réalité beaucoup moins nombreux que ne nous le dit le professeur de Bordeaux. Je crains qu'il n'ait pas toujours compris l'intelligence d'un savant du xve siècle ; qu'il n'ait été induit en erreur par les souvenirs de son éducation scientifique personnelle, par la vivacité de sa propre intuition mathématique. Un géomètre du xxe siècle verra du premier coup d'œil que tel corollaire découle de tel théorème ; mais c'est erreur complète d'en déduire qu'il en eût été de même pour ce corollaire et ce théorème chez un géomètre du xve siècle ou du xvie. Voilà un principe fondamental dans l'histoire des sciences que Duhem a plus d'une fois oublié.

Cette critique m'amène à dire que je n'approuve ni l'un ni l'autre des sous-titres adoptés par Duhem pour ses *Études sur Léonard de Vinci*. Que Léonard ait beaucoup lu, cela ne fait pas difficulté, ses manuscrits l'attestent ; que beaucoup d'autres l'aient lu, c'est autre chose, nous venons de le dire. Que Galilée ait eu des précurseurs parisiens, Duhem l'a parfaitement démontré ; mais que les écrits de ces Parisiens aient sérieusement influencé l'esprit de l'immortel Pisan, voilà ce qui, malgré Duhem, me paraît rester infiniment plus douteux (1). Bref, il

(1) Voir sur ce sujet : A. Favaro, *Galileo Galilei e i « Doctores Parisienses »*. Reale Accademia dei Lincei. Estratto dei Rendiconti. Vol. XXXVII. Roma, tipografia della R. Accademia dei Lincei, 1918. D'après le tirage à part.

résulte des trois gros volumes d'*Études sur Léonard de Vinci*, que le grand peintre fut en même temps un savant incomparable ; que, comme tel, il peut être mis en parallèle avec les plus beaux génies. Mais, contrairement à la thèse de l'auteur, ce savant ne paraît pas avoir fait école. Il écrivit « pour lui seul » : c'est Duhem lui-même qui nous l'a fait remarquer ; il ne forma guère de disciples et c'est à une époque relativement récente que l'étude des manuscrits du Vinci a permis aux érudits de mettre en lumière toute l'étendue de son vaste esprit.

Ces réflexions nous permettent de dire maintenant jusqu'où nous acceptons les conclusions de Duhem dans sa note *Sur quelques découvertes de Léonard de Vinci* (1), qu'il présenta à ses collègues de l'Académie des Sciences.

« En poursuivant nos recherches sur *Les Origines de la Statique*, leur dit-il, nous avons été amené à examiner de près une partie de l'œuvre scientifique de Léonard de Vinci. Cet examen nous a convaincu de l'exactitude de ces deux propositions :

« En premier lieu, Léonard de Vinci n'était en aucune façon l'autodidacte que l'on s'est plu parfois à vouloir voir en lui, sa science est née et s'est nourrie de la science que l'on enseignait avant lui dans les écoles du Moyen Age.

« En second lieu, les notes manuscrites laissées par Léonard de Vinci ne sont nullement restées inutilisées jusqu'à nos jours : dès le XVIe siècle elles ont touché de nombreux physiciens ; grâce à eux les découvertes qu'elles contiennent ont pris circulation dans la science, mais sans que le nom de leur véritable auteur fût publié.

« Ces deux propositions forment en quelque sorte le programme de nos *Études sur Léonard de Vinci* ».

(1) COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, t. 143. Paris, Gauthier-Villars, 1906, pp. 946-949.

La première thèse est beaucoup plus solidement établie que la seconde ; car, encore une fois, dans cette dernière la simple conjecture remplace trop souvent le document positif. De là une première cause de faiblesse.

Il y en a une seconde. Duhem oublie parfois un fait psychologique incontestable. Quand, dans une société cultivée, la science a atteint un certain niveau, tous les membres qui font partie du groupe intellectuel subissent inconsciemment l'influence bienfaisante du milieu ambiant. Dans ce milieu la science se développe et avance constamment. Qu'un même problème vienne éveiller simultanément l'attention de deux chercheurs intelligents, aussitôt une même idée neuve leur viendra souvent à l'esprit. Cela se voit tous les jours. Voilà un fait dont Duhem n'a pas assez tenu compte. Parce qu'une pensée, je le veux bien, géniale se trouve dans les manuscrits de Léonard de Vinci, parce qu'un demi-siècle ou un siècle plus tard on la retrouve chez Cardan ou chez Galilée, ce n'est pas une raison pour conclure immédiatement à l'influence des manuscrits de Léonard. Il faut des preuves plus positives. La science a progressé. Ce qui était chez le Vinci éclair de génie, n'est plus chez Cardan et Galilée que le résultat spontané, mais normal, des réflexions d'hommes doués eux-mêmes d'un talent très supérieur.

Ces réserves faites, je ne puis qu'affirmer mon admiration pour le monument grandiose que Duhem a élevé à la mémoire de Léonard de Vinci. C'est une œuvre magistrale.

Avant de la quitter, il me reste à indiquer quelques articles moins importants qui s'y rattachent naturellement.

Je trouve d'abord, dans la Bibliotheca Mathematica, une note sur *Léonard de Vinci et la composition des forces concourantes* (1). Léonard a énoncé des principes, dont un professeur de mécanique aussi avisé que Duhem

(1) 3e série, t. IV. Leipzig, Teubner, 1903, pp. 338-343.

déduirait sans peine la loi du parallélogramme des forces. Mais cette loi, le Vinci l'a-t-il entrevue ? Le professeur de Bordeaux hésite, n'ose l'affirmer. Pour ma part, j'ai dit suffisamment ci-dessus pourquoi je répondrai simplement non.

Il y a ensuite, dans les COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, une note intitulée : *Sur la découverte de la loi de la chute des graves* (1). Cette loi se formule comme suit : Lorsqu'un grave tombe en chute libre, sa vitesse croît proportionnellement à la durée de la chute. Elle se trouve très nettement exprimée en plusieurs endroits des manuscrits de Léonard. Le but de la note est de montrer comment certaines idées en cours au Moyen Age ont pu la suggérer au Vinci.

L'article intitulé *Thierry de Chartres et Nicolas de Cuse* a été publié dans la REVUE DES SCIENCES PHILOSOPHIQUES ET THÉOLOGIQUES (2). Duhem lui-même le rattache à ses *Études sur Léonard de Vinci*, dont un des chapitres a pour titre : Nicolas de Cuse et Léonard de Vinci. Dans le présent article, l'auteur se propose de montrer que l'évêque de Brixen a fait des emprunts à Thierry de Chartres sans cependant le nommer. De nos jours, on les traiterait de plagiats, mais au temps de Thierry de Chartres et de Nicolas de Cuse on était moins sévère. Ils se pardonnaient facilement.

Reste à rappeler, pour mémoire, qu'en avril 1914, Duhem a donné dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES un article *Variétés* (3) dans lequel il a présenté personnellement à nos lecteurs la troisième série de ses *Études sur Léonard de Vinci*.

(A suivre). H. BOSMANS.

(1) T. 146. Paris, Gauthier-Villars, 1908, pp. 908-912.

(2) 3e année. Le Saulchoir, Kain (Belgique), 1909, pp. 523-531.

(3) T. LXXV. Louvain, 1914, pp. 612-620. L'article est intitulé : *Les précurseurs parisiens de Galilée.*

Le principe bactériophage

C'est en réalité Twort qui, publiant ses recherches en 1915 dans le « Lancet » a décrit le premier le phénomène de la lyse microbienne transmissible (1).

Cet auteur, en soumettant la vaccine à l'analyse bactériologique afin de juger, par la numération des colonies microbiennes, du degré de souillure de ce produit, avait constaté que, parmi les colonies développées sur les milieux de culture gélosés ou gélatinés (milieux solides), quelques-unes présentaient dans la suite une espèce de dissolution. Il se formait au milieu d'elles de petits points transparents qui prenaient de l'extension et faisaient disparaître complètement la masse plus ou moins opaque de la colonie.

En touchant avec une anse de platine stérilisée l'un ou l'autre de ces centres de dissolution et en transportant sur des colonies encore intactes le produit ainsi prélevé, Twort constatait que celles-ci, pour autant qu'elles étaient constituées de germes susceptibles de lyse microbienne, disparaissaient également par dissolution. Il pouvait reproduire indéfiniment ce phénomène, à condition

(1) Dans une note publiée en 1896 dans les Annales de l'Institut Pasteur, Hankin signale que l'eau du Gange et de la Jumna exerce sur le vibrion du choléra une action bactéricide évidente qui disparaît après ébullition.

Il est possible que le phénomène observé par Hankin soit l'œuvre d'un principe bactériophage, ainsi que le croit d'Herelle (Comptes rendus de la Société de Biologie, 14 mai 1921. Hankin l'attribuait à certaines substances acides volatiles contenues dans l'eau en question.

de repiquer au moment voulu le principe lysant sur des colonies microbiennes passibles de la dissolution.

Twort, faute de subsides, dut abandonner l'étude de cette intéressante question ; il avait néanmoins souligné l'intérêt du phénomène au point de vue de la prophylaxie et, éventuellement, de la thérapeutique.

D'après lui, cette dissolution transmissible des microbes devait être l'œuvre d'un principe vivant (virus ou ferment), étant donné que l'agent gardait toute son activité malgré les dilutions à l'infini résultant des repiquages successifs.

Dans une note présentée à l'Académie des Sciences, le 19 septembre 1917, d'Herelle a montré que les selles des convalescents de dysenterie peuvent contenir un principe filtrable à travers la bougie en porcelaine et doué du singulier pouvoir de lyser une suspension de bacilles de la dysenterie.

Dans la suite, ce savant français a obtenu des filtrats actifs sur d'autres microbes de ce groupe et sur certaines variétés ou souches de colibacilles, de bacilles typhiques et paratyphiques.

Dans ces deux dernières années, cette question a fait l'objet d'investigations variées et il ne nous est pas possible d'en analyser ici toutes les publications. Un semblable exposé conviendrait peut-être pour les spécialistes mais ne saurait intéresser les lecteurs de cette Revue; pour être complet, il nécessiterait de nombreuses redites et devrait relater aussi un certain nombre de résultats contradictoires.

Aussi, nous avons préféré envisager la question dans son ensemble et ne mentionner les publications parues que dans la mesure où elles sont utiles à la description et à l'intelligence du phénomène en question.

Afin de permettre aux lecteurs de comprendre plus facilement notre exposé, nous allons commencer celui-ci

par l'indication de la technique que nous employons pour mettre en évidence le principe bactériophage.

On peut utiliser à cet effet l'une ou l'autre des deux méthodes décrites ci-dessous :

1° La mise en évidence de l'action inhibitive sur le développement microbien.

Quand on met à l'étuve à 37° des tubes de bouillon stérilisé (chauffé à 120° durant une demi-heure), il ne s'y produit aucun trouble. Il n'en va plus de même quand on introduit dans ces tubes, avec une anse stérilisée ou avec une pipette de Pasteur flambée, une trace de culture. Alors le contenu se trouble par suite du développement de la semence déposée dans le milieu de culture.

Supposons qu'on ensemence deux tubes de bouillon, avec un microbe susceptible de subir l'action du principe bactériophage et que, dans l'un d'eux, on ajoute une goutte d'un filtrat bactériophage : ce dernier tube ne présente durant 24 à 48 heures, et quelquefois durant plusieurs jours, aucun développement, alors que le tube-contrôle, qui n'a pas été additionné de filtrat bactériophage, présente, après quelques heures d'étuve, un trouble très évident qui augmente encore dans la suite. Le filtrat bactériophage arrête donc, durant un temps plus ou moins long, le développement des microbes susceptibles de subir son action. Après cet arrêt, il se produit habituellement dans le bouillon en question un développement peu abondant de bacilles devenus réfractaires à l'action du principe bactériophage.

En d'autres mots, ce dernier manifeste son action par l'arrêt du développement des microbes susceptibles de subir son influence. Après un temps plus ou moins considérable, quelques microbes non détruits par la lyse, deviennent insensibles à son activité et provoquent le développement tardif indiqué ci-dessus.

Quand on ensemence du bouillon additionné de quelques gouttes du principe bactériophage avec les microbes

provenant de cette culture tardive, leur développement se fait comme dans le tube-contrôle (bouillon ordinaire sans filtrat bactériophage). Ceci établit nettement leur état réfractaire, appelé résistance.

Il est évident que le développement tardif fait défaut quand tous les microbes introduits dans le milieu de culture additionné de bactériophage ont été lysés et détruits. Dans ces conditions, le contenu du tube est stérilisé. Le résultat de l'essai dépend en réalité de la lutte engagée entre les microbes et le principe bactériophage : au début, ce dernier l'emporte toujours et il empêche toute pullulation des germes. Quelquefois il les tue jusqu'au dernier par la lyse ; mais s'il n'opère pas assez rapidement la stérilisation du milieu, quelques-uns des germes, qui ont échappé à son action, acquièrent la propriété de lui résister et se développent malgré sa présence.

2° La lyse des cultures développées soit en milieu liquide, soit sur milieu solide.

Si on ajoute à une culture en bouillon bien développée une goutte d'un filtrat bactériophage, on constate qu'après quelques heures d'étuve (6 à 12 heures) le trouble provenant du développement microbien disparaît complètement, au point que le bouillon de culture peut devenir aussi clair et aussi transparent qu'un tube témoin non ensemencé, à condition bien entendu qu'il s'agisse d'une culture susceptible de subir la lyse. Celle-ci est toutefois bien rarement complète au point que le contenu du tube soit réellement stérilisé. Les quelques microbes qui échappent à la lyse peuvent, quand ils ont acquis la résistance voulue, se multiplier et de ce fait reproduire un certain trouble dans le bouillon clarifié par la lyse microbienne.

Ce phénomène se manifeste aussi quand on verse une goutte d'un filtrat bactériophage sur un tube de gélose inclinée, ensemencé avec un microbe susceptible de subir son action et arrivé à un développement suffisant pour

montrer des colonies. Toute l'étendue de la surface de la gélose qui a été en contact avec la goutte du bactériophage, reprend, du fait de la dissolution des colonies, l'aspect de la gélose non ensemencée. Après quelques jours d'étuve, il peut se former sur la surface nettoyée par la lyse microbienne, quelques colonies provenant de la prolifération des germes échappés à la lyse, devenus résistants.

Voyons maintenant les théories proposées pour expliquer le phénomène.

D'Hérelle attribue le pouvoir lysant du filtrat bactériophage à un microbe invisible (virus) (1) capable de parasiter certains microbes et de les faire disparaître par une sorte de dissolution. D'après cette conception, le virus bactériophage ensemencé dans une culture apte à subir son action, pénètre à l'intérieur des éléments microbiens et s'y multiplie tout en sécrétant une ou plusieurs des diastases dissolvantes qui désagrègent rapidement le corps des microbes parasités. Une première génération de virus bactériophage se trouve ainsi mise en liberté dans le milieu : chaque élément virulent va à son tour parasiter des bacilles encore indemnes et le phénomène se répète jusqu'à ce que tous les bacilles aient été attaqués et aient subi la dissolution. Comme nous l'avons dit, habituellement quelques-uns échappent à la lyse et deviennent réfractaires à l'action du bactériophage.

D'après cette conception, le virus infecte certains microbes et produit en eux une maladie transmissible au même titre que les microbes pathogènes peuvent envahir notre organisme et provoquer ainsi une affection contagieuse.

(1) On donne le nom de virus aux êtres dont les dimensions (moins d'un dixième de micron) sont telles qu'il n'est pas possible de les mettre en évidence par les méthodes actuelles d'optique. Ces organismes sont tellement petits qu'ils traversent les pores des filtres en porcelaine.

Le virus parasite les microbes et se multiplie en eux ; et il ne se reproduit que dans les milieux ensemencés de microbes susceptibles de se laisser parasiter et de subir la lyse.

En effet, quand on ensemence un tube de bouillon avec une goutte du filtrat bactériophage et qu'après 24 heures d'étuve, on prélève de ce tube une goutte pour l'introduire dans un second et qu'on répète un certain nombre de fois cette opération, on constate que le contenu du quatrième tube, et quelquefois celui du troisième, n'exerce plus aucune action spéciale sur le développement du bacille de la dysenterie (bacille de Shiga) alors que les mêmes dilutions, ensemencées au moment de l'addition du filtrat bactériophage avec une goutte de bacille de la dysenterie, fournissent un produit très actif.

En d'autres mots, le filtrat commencé dans du bouillon ordinaire à raison d'une goutte par tube, devient inactif à partir de la troisième ou de la quatrième dilution, alors qu'on peut le diluer à l'infini quand on ajoute, à chaque nouvelle dilution, une goutte d'une culture de microbes que le virus peut parasiter.

Dans le premier cas, il n'y a donc pas de culture, tandis que dans l'essai des tubes ensemencés avec les microbes susceptibles de subir la lyse, il y a une véritable reproduction, une véritable culture, étant donné que le principe reste indéfiniment actif quel que soit le nombre des dilutions faites (1).

Kabeshima (Comptes rendus de la Soc. de Biologie, 28 févr. et 27 avril 1920) n'admet pas cette explication;

(1) Pour vous faire une idée du nombre d'ultra-microbes contenus dans une semblable culture, nous dirons que dans certains essais nous avons constaté qu'$\frac{1}{100.000.000}$ ième de centimètre-cube de ces cultures pouvait encore contenir assez d'éléments virulents pour arrêter nettement toute multiplication de microbes introduits dans un tube de bouillon.

il attribue la lyse des microbes à l'action d'un ferment produit par eux sous l'influence d'un catalyseur. D'après cette conception, le filtrat intestinal fournit aux microbes le catalyseur indispensable pour que sous son influence la pro-diastase contenue dans le corps des microbes aptes à subir la lyse, se transforme en ferment lytique pour les germes en question. Le ferment ainsi produit joue à son tour le rôle de catalyseur sur les bacilles encore intacts et une nouvelle quantité de ferment autolytique se forme. Cette réaction, en se répétant, simule la culture.

Cet auteur est arrivé à cette conception parce que, dans ses essais, le principe bactériolysant s'est montré résistant à l'action des antiseptiques et actif en présence des substances qui s'opposent au fonctionnement vital des cellules. D'après lui, le principe bactériophage résiste à l'action de l'éther sulfurique, du chloroforme, de l'acétone, de l'alcool et de l'acide phénique.

Les nombreuses recherches de Maisin et de Depoorter (Arch. Internat. Pharmacodynamie, 1921), faites dans notre laboratoire, confirment ces données pour l'éther, le chloroforme et l'acétone, et elles établissent en outre que le principe bactériophage résiste à l'action d'une solution alcoolique saturée de thymol diluée de son volume d'eau et à celle d'une solution saturée de fluorure de sodium, mais qu'il est détruit par contre après 24 heures de contact avec l'alcool absolu (il résiste à l'alcool à 50 °/₀) ou avec une solution aqueuse saturée d'acide phénique.

D'après Kabeshima, le filtrat bactériophage conserve son activité dans les dilutions successives en bouillon ensemencé et fluoré à 1 °/₀. Les recherches d'Arthus et Huber (Archives de Physiologie, 1892) ont établi que cette concentration de fluorure de sodium arrête instantanément et définitivement la fermentation concomitante de la vie.

Bablet (Comptes rendus de la Soc. de Biologie, 9 octobre 1920) a contesté l'exactitude des dernières expériences de Kabeshima et il est d'avis que le principe bactériophage de d'Hérelle, qui se cultive en série aux dépens des bacilles vivants (en l'espèce, les bacilles de Shiga), qui ne se développe pas en milieu stérile (bouillon) ni en présence d'antiseptiques (chloroforme, fluorure de sodium), qui perd son activité dans la glycérine, ne peut être assimilé à une diastase. D'après cet auteur, les conditions de développement réclamées par le bactériophage, son mode d'action bien spécial et sa fragilité relative portent à croire qu'il s'agit d'un être vivant, exerçant vis-à-vis de microbes déterminés et dans les conditions bien définies, une action vitale et non une action chimique.

Dans une publication toute récente (Comptes rendus de la Soc. de Biologie, 9 octobre 1920), Bordet et Ciuca ont émis l'idée que le phénomène de d'Hérelle résulte de l'intervention d'un ferment sécrété par les microbes eux-mêmes, à la suite d'une modification opérée en eux par des facteurs divers, entre autres, sous l'influence de l'action des leucocytes. En effet, ils ont obtenu un filtrat bactériophage actif en filtrant ou en chauffant l'exsudat péritonéal de cobayes inoculés dans le péritoine à diverses reprises, à quelques jours d'intervalle, avec de la culture d'une variété de colibacilles (bacilles de d'Hérelle).

D'après Bordet, les microbes inoculés dans le péritoine subissent sous l'influence de la vaccination de l'animal et de l'exsudation leucocytaire, une modification qui les rend aptes à sécréter ce ferment autolytique, propriété qu'ils transmettent à toutes les générations qui proviennent de la pullulation des microbes devenus résistants.

Cette interprétation explique bien de nombreuses particularités du phénomène et on comprend aisément grâce à elle que le principe bactériophage puisse exclusivement se cultiver en présence de microbes vivants aptes à subir la lyse, étant donné qu'il serait en réalité un produit de

sécrétion de ces derniers. Ce produit sécrété, diffusant dans le liquide, va affecter les microbes sensibles à son action pour opérer leur dissolution. Comme nous l'avons déjà indiqué, quelques germes peuvent résister à cette lyse et fournir des cultures résistantes au ferment bactériophage.

D'après Bordet et Ciuca, les cultures résistantes sécrètent elles-mêmes le ferment lytique et elles transmettent héréditairement ce pouvoir à toutes les générations provenant d'elles.

D'après nos recherches (Comptes rendus de la Soc. de Biologie, 30 avr. 21), il n'en est pas ainsi, comme le prouve l'examen détaillé de la question.

En effet, quand on étale une anse d'une culture résistante sur de la gélose inclinée, de façon à obtenir des colonies bien isolées, bon nombre de celles-ci ensemencées en bouillon fournissent des cultures qui, tout en étant parfaitement résistantes à l'action du bactériophage, ne produisent plus le principe en question. Chose étrange, ces bacilles résistants ne récupèrent pas la propriété de développer du bactériophage dans leurs cultures par une nouvelle mise en contact avec le principe lytique.

S'il fallait, par une comparaison, définir ces deux degrés de résistance, nous dirions que les résistants producteurs du bactériophage peuvent être assimilés à des malades guéris mais restés porteurs de germes et que les résistants ne fournissant plus de ferment lytique sont comparables aux malades guéris non devenus porteurs de germes.

Quand on poursuit l'évolution des cultures résistantes et qu'on examine les colonies filles de celles qui ne produisent plus de bactériophage, on peut en rencontrer qui ont perdu leur résistance et sont devenues parfaitement aptes à subir à nouveau l'action du bactériophage.

En d'autres mots, nos recherches ont établi que le pouvoir de sécréter du bactériophage, pas plus que celui de résister à son action, ne constitue un caractère définitif

des germes résistants. Les deux propriétés peuvent se perdre dans les cultures ultérieures. (COMPTES RENDUS DE LA SOC. DE BIOLOGIE, 28 mai 21).

Cette perte de la résistance s'obtient en quelque sorte d'emblée quand on cultive les germes devenus résistants dans les milieux (bouillon ou gélose) additionnés de sérum anti-bactériophage *(voir explication dans la suite)*.

Dans ces conditions, les microbes subissent une espèce de sérothérapie curative qui les aide dans leur guérison au même titre que l'injection de sérum intervient à l'avantage du malade dans la lutte entre l'organisme atteint et les microbes.

Passons maintenant à la discussion des trois hypothèses émises.

La théorie de Kabeshima, apparemment simple mais en réalité très compliquée, ne nous semble pas admissible. S'il est vrai qu'une quantité infinitésimale d'une substance suffit pour agir comme catalyseur, puisqu'elle redevient toujours à nouveau disponible pour rentrer en action, il n'est pas vrai toutefois que cette substance puisse subir n'importe quelle dilution sans devenir jamais inactive.

Sans doute, on pourrait nous objecter ici que le catalyseur présent dans le filtrat du contenu intestinal, et fourni d'après l'hypothèse de Kabeshima par certaines glandes de l'intestin, se régénère sans cesse et qu'ainsi une quantité infinitésimale de filtrat peut être parfaitement suffisante.

Comme l'a fait remarquer d'Herelle dans sa réponse (COMPTES RENDUS DE LA SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE, 23 octobre 1920), cette objection vaudrait si une petite quantité de filtrat était directement versée dans la totalité du liquide utilisé pour toutes les dilutions. Mais il n'en est pas ainsi en réalité. Le premier tube de bouillon reçoit quelques gouttes du filtrat bactériophage, ou du catalyseur s'il faut admettre la théorie de Kabeshima. La lyse terminée, on

prélève de ce premier tube quelques gouttes que l'on introduit dans le second, et ainsi de suite. Évidemment, après quelques repiquages, le catalyseur aura subi une dilution telle qu'il doit devenir quantitativement insuffisant. Il n'en serait pas de même si on avait introduit les quelques gouttes du filtrat actif dans n'importe quelle masse de liquide. Alors, le catalyseur resterait en totalité dans la masse.

Restent l'hypothèse de d'Hérelle et celle de Bordet et Ciuca.

En réalité, ces deux explications ne diffèrent entre elles que par la provenance du ferment. D'après d'Hérelle, ce dernier est fourni par un virus parasitant les microbes ; la théorie de Bordet le considère comme un produit de sécrétion des microbes. La plupart des auteurs se sont ralliés à cette dernière théorie, parce que d'une part elle fournit une explication assez plausible de certaines particularités du phénomène et que, d'autre part, elle explique la résistance un peu anormale du bactériophage à la température et à l'action des antiseptiques.

En effet, le principe bactériophage résiste durant des heures à la température de 70°. Il n'est pas détruit par l'action des antiseptiques tels que la créoline concentrée, le thymol, le fluorure de sodium, le chloroforme, l'éther, etc...

De l'avis de la plupart des auteurs, cette résistance un peu extraordinaire réfute la théorie de d'Hérelle et semble démontrer que le principe bactériophage doit être rangé, non parmi les êtres vivants, mais parmi les ferments. A notre avis, on ne doit pas exagérer l'importance de ces données. S'il est vrai que, dans les conditions indiquées ci-dessus, les microbes non sporulés sont certainement tués, il ne faut pas se hâter d'affirmer qu'il doit en être de même des virus. Ces derniers sont encore trop peu connus pour qu'on puisse juger de leur résistance, et il est possible qu'ils résistent mieux à certaines influences germicides que

les microbes. De fait, les virus de la rage et de la vaccine supportent admirablement la glycérine, si bien qu'on l'utilise pour leur conservation, alors que ce produit exerce une action désinfectante très nette sur la plupart des microbes. Il en est de même de l'éther. D'après les recherches de Xyland et Fornet, le virus de la vaccine supporte, sans être altéré ou détruit, les vapeurs de chloroforme et d'éther, alors que quelques gouttes de ces deux produits suffisent pour stériliser une culture microbienne non sporulée.

D'ailleurs, rien ne nous autorise à certifier que certains virus, à l'instar des microbes, ne puissent dans certaines conditions posséder des formes résistantes, correspondant aux éléments sporulés de microbes. Le fait de ne pas réussir à les mettre en évidence ne permet nullement de rejeter à priori leur existence. Nos microscopes actuels ne montrent pas non plus les virus ; plus personne ne doute cependant qu'ils existent. Nous n'avons pas plus de raison de douter des formes de résistance quand nous voyons certains virus garder leur activité durant des mois et des années.

Certaines particularités du phénomène nous semblent très favorables à l'interprétation de d'Hérelle. En effet, les expériences d'adaptation et plus particulièrement celles relatives à la spécialisation des bactériophages, nous paraissent difficilement explicables d'après l'hypothèse de Bordet et Ciuca, alors que l'explication est toute naturelle pour qui se rallie à la théorie de d'Hérelle.

Un bactériophage actif pour le bacille de d'Hérelle peut acquérir par symbiose des propriétés virulentes pour des microbes qui au début étaient totalement réfractaires à son action. Ce fait a été nettement établi par les expériences de d'Hérelle, de Bordet, de Ciuca et de Maisin. Ce dernier a pu démontrer en outre par des recherches instituées dans notre laboratoire qu'un filtrat bactériophage actif pour deux espèces microbiennes, par exemple

pour le bacille de d'Hérelle et pour le bacille de la dysenterie (variété Shiga), quand il est constamment repiqué en présence d'une seule de ces deux sortes de germes, peut spécialiser sa virulence pour l'espèce avec laquelle il vit en symbiose, au point qu'il devient totalement inactif pour les microbes de l'autre sorte. On ne peut guère expliquer ces constatations quand on envisage le principe bactériophage comme un simple ferment, comme un produit dépourvu de vitalité propre. Par contre, ces faits s'interprètent très aisément quand le phénomène de la bactériolyse transmissible est attribué à un organisme vivant, c'est-à-dire, à un virus. En effet, nous observons couramment des faits semblables en bactériologie.

Des microbes dépourvus de virulence pour certains animaux, peuvent dans des conditions déterminées devenir pathogènes au point que finalement une trace de leur culture suffit pour opérer une infection mortelle.

Enfin certains germes pathogènes peuvent également, en subissant une série de passages par une espèce animale déterminée, exalter leur virulence pour l'espèce en question et devenir sans influence pathogène pour les animaux réceptifs au début. Ainsi, le bacille du rouget de porc peut, par des passages dans des pigeons, devenir très virulent pour les oiseaux et perdre son pouvoir pathogène pour les porcs.

Ajoutons à cela que l'absence de spécificité du bactériophage, quelle que soit sa provenance, plaide également en faveur de la conception de d'Hérelle.

En effet, si le bactériophage était un produit de sécrétion des microbes, il est vraisemblable qu'il aurait une composition quelque peu variable d'après sa provenance. En d'autres mots, si le ferment lytique était sécrété par les microbes, le principe bactériophage fourni par exemple par les bacilles de d'Hérelle (colibacille) pourrait être distingué par les réactions biologiques de celui que sécrètent les bacilles de la dysenterie ou d'autres microbes.

Il en est ainsi notamment pour les autres produits de sécrétion des microbes, même quand ces produits sont pourvus de la même activité. Ce fait a été établi pour la première fois par notre regretté élève Bertiau (CENTRALBL. FÜR BAKTERIOLOGIE, 1914) pour les ferments liquéfiant la gélatine. Il existe dans la nature une foule de microbes qui sécrètent ce ferment et ce dernier, ainsi que Bertiau l'établit, a des propriétés biologiques distinctes suivant qu'il provient de divers microbes. Récemment (en 1920) ce fait a été encore confirmé par les recherches de Launoy publiées dans les ANNALES DE L'INSTITUT PASTEUR. Or, Maisin a pu établir qu'une semblable spécificité fait totalement défaut pour le bactériophage : les sérums antibactériophages obtenus en injectant des animaux avec des doses progressivement croissantes d'un filtrat bactériophage exercent leur action neutralisante sur les bactériophages fournis par diverses cultures. Ainsi, un animal injecté avec du principe actif formé dans les cultures de d'Hérelle donne, après quelques injections, un sérum capable de neutraliser et d'annuler l'action du bactériophage provenant de B. d'Hérelle ou de B. de Shiga, ou d'un autre, si bien que les microbes introduits dans le bouillon additionné du mélange (sérum et bactériophage) s'y développent comme s'ils avaient été semés dans du bouillon ordinaire.

Cette absence de spécificité se comprend très bien quand on considère le principe bactériophage non pas comme un produit de sécrétion des microbes, mais comme diastase ou un ferment fourni par un virus identique capable d'envahir diverses espèces de microbes.

Quoi qu'il en soit de l'interprétation de la provenance du bactériophage, nous tenons encore à faire remarquer que l'existence d'un semblable virus n'est pas une pure spéculation de l'esprit, mais rentre parfaitement dans le cadre des faits observés dans la biologie générale. En effet, à côté des microbes pathogènes, il existe dans la

nature quantité de microbes saprophytes auxquels peut être dévolue une fonction très utile. Il suffit de rappeler ici le rôle des microbes minéralisateurs.

Quand on réflechit bien à cela, s'étonnerait-on qu'à côté des virus pathogènes, on puisse rencontrer des organismes invisibles, jouant un rôle utile ?

De même que certains germes saprophytes interviennent efficacement dans l'assainissement des milieux contaminés, de même il est possible que des virus non pathogènes remplissent cet office. Sans doute, nous prouverons bien difficilement leur existence, étant donné que nous ne pouvons pas les découvrir au microscope, et que, comme pour les virus pathogènes, nous devons mettre en évidence l'une ou l'autre de leurs activités. Dans ces conditions, le phénomène de d'Hérelle ne serait-il pas à considérer comme une manifestation de leur activité et, par suite, de leur existence ?

La question que nous venons d'envisager est intéressante au point de vue de la biologie générale, au point de vue de la prophylaxie et peut-être de la thérapeutique.

Il est établi dès à présent que le principe bactériophage peut jouer un rôle très important dans l'assainissement des milieux extérieurs. Les microbes pathogènes et autres qui contaminent la terre et l'eau subissent son action. En effet, Dumas dans une communication faite à la Société de Biologie (23 octobre 1920) a démontré que le bactériophage est très répandu dans la nature et qu'on peut le rencontrer dans la terre végétale, comme dans des conduites d'eau.

Quand on tient compte de la résistance de cet agent et de sa présence constante dans le contenu intestinal de la plupart des hommes, on conçoit aisément sa diffusion. Partout où il existe, il doit exercer son action désinfectante. Celle-ci n'est arrêtée ni par les conditions de température, ni par la présence ou l'absence d'air.

Ce facteur d'assainissement est toutefois limité dans son action : tous les microbes ne sont pas susceptibles de subir son influence et les microbes réceptifs peuvent acquérir de la résistance pour subsister et se multiplier dans la suite. Mais ces derniers, comme nous l'avons exposé plus haut, ne gardent pas indéfiniment cette immunité et ils peuvent redevenir réceptifs.

Au point de vue curatif et thérapeutique, le bactériophage peut jouer un rôle très utile et nous aider efficacement dans la lutte contre les microbes. Sans doute, il ne faut pas se laisser entraîner par les conceptions théoriques à considérer le bactériophage comme le seul facteur de l'immunité. Mais il est possible que dans certaines affections du tube digestif, voire dans certaines maladies septicémiques, il intervienne à notre insu pour assurer notre guérison. D'après d'Hérelle, l'extinction des épidémies serait également son œuvre. A ce moment, sa dissémination serait telle que les microbes ne peuvent plus trouver de sujets non pourvus de ce virus.

D'Hérelle a pu faire des essais avec le bactériophage dans trois épizooties, notamment dans la typhose aviaire, dans la septicémie hémorragique des buffles et dans la peste des rongeurs. Les résultats qu'il a obtenus, tant au point de vue préventif qu'au point de vue curatif, sont tellement favorables qu'on est tenté de croire à une exagération. En effet, d'après d'Hérelle (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1921 et Presse Médicale, 1921), il a suffi d'administrer aux animaux, vivant en plein foyer épizootique, une petite quantité de virus bactériophage actif pour arrêter du coup l'épizootie et sauver bon nombre des animaux déjà malades.

Le virus était introduit par voie digestive pour les affections intestinales (typhose aviaire) et par voie sous-cutanée pour les maladies septicémiques (septicémie hémorragique des buffles).

Nous admettons que le virus bactériophage peut jouer

un rôle très important dans la prophylaxie et l'évolution des maladies contagieuses. En effet, ce virus parasitant les microbes produit en eux un état morbide qui doit évidemment diminuer leur pouvoir infectieux, ne fût-ce qu'en réduisant leur nombre par la lyse. Ce virus agit en quelque sorte en allié de notre organisme dans la lutte contre les microbes pathogènes.

Mais, pour juger de l'issue de la lutte, il faut connaître toutes les particularités et qualités des deux parties en cause.

Quand la lutte a lieu hors de la portée de nos humeurs (sérum), comme par exemple dans la cavité de l'intestin ou de la vessie, l'activité du principe bactériophage n'est limitée que par l'absence éventuelle de réceptivité des microbes pathogènes pour le virus et par la production de souches résistantes à son action.

En effet, à côté des microbes qui se laissent parasiter par le principe en question et subissent la destruction par la lyse, il existe une bien plus grande quantité de germes pathogènes totalement réfractaires à son action. Nous admettons que par des essais appropriés de culture en symbiose, on peut rendre réceptifs au bactériophage, des germes d'abord totalement résistants. C'est ainsi que nous avons obtenu actuellement un virus parfaitement actif pour une dizaine de souches de bacilles paratyphiques, alors qu'au début il n'exerçait d'action que sur le bacille de d'Hérelle et sur le bacille de Shiga. Nous espérons obtenir d'après cette méthode un virus actif pour la plupart des germes du groupe typhique et paratyphique. Mais évidemment beaucoup d'autres germes pathogènes resteront définitivement réfractaires à son action.

Nous l'avons déjà signalé, en décrivant les méthodes utilisées pour mettre le bactériophage en évidence, ce dernier ne produit qu'exceptionnellement une véritable stérilisation des milieux de culture. Dans la généralité des cas, après un arrêt plus ou moins long, il se produit dans

le bouillon un trouble provenant de la culture des germes devenus réfractaires à l'action du bactériophage.

Dans l'organisme, heureusement, il n'en est pas toujours ainsi. Autrement le bactériophage ne provoquerait dans la lutte engagée entre les microbes et l'organisme qu'une espèce de trêve durant laquelle l'immunisation pourrait éventuellement se renforcer. En effet, les quelques germes qui échappent habituellement à l'action du bactériophage et qui devenus résistants pourraient continuer l'infection, sont le plus souvent détruits par les moyens de défense de l'organisme (leucocytes, etc.). Comme les microbes de l'infection ont à subir ici l'action du bactériophage et celle des cellules ou humeurs préposées à la défense de notre organisme, la stérilisation effective est ici heureusement plus fréquente que dans les essais *in vitro* décrits plus haut. Toutefois, ainsi que nous avons pu le constater dans nos expériences, la destruction totale des germes de l'infection ne se fait pas toujours et, si l'on veut apprécier justement l'efficacité du principe bactériophage, on doit tenir compte de ce que les germes en question peuvent devenir réfractaires à son action.

Quand la lutte entre le bactériophage et les microbes a lieu dans un milieu en contact du sang, et c'est le cas notamment quand il est injecté par voie sous-cutanée pour influencer les bacilles produisant des septicémies, nous avons, en dehors des causes d'insuccès indiquées ci-dessus, à tenir compte du milieu. En effet, le sang peut exercer une action néfaste sur le bactériophage, au point de le rendre inactif. Quand on inocule par voie sous-cutanée une certaine quantité du principe en question, ce dernier disparaît plus ou moins rapidement (de quelques heures à 2 ou 3 jours) suivant la dose injectée. Jusqu'à présent on n'a pas encore fait de recherches pour élucider le mécanisme de cette disparition. D'après nous, trois hypothèses peuvent être envisagées : ou bien le bactériophage est éliminé avec les produits de sécrétion,

ou bien il est fixé, à l'instar des toxines, sur les cellules de certains organes, ou bien il est réellement détruit par l'activité germicide du sang. Ajoutons que, comme pour toutes les substances (antigènes) introduites par voie parentérale, l'organisme réagit contre le bactériophage inoculé et produit un anticorps capable de le neutraliser et éventuellement de le détruire. L'organisme veille à l'intégrité de sa constitution et toute substance étrangère introduite, utile ou non, amène la production d'un anticorps préposé à la destruction et à l'élimination de cette substance. Quand on injecte à un enfant du sérum antidiphtérique, il se forme dans l'organisme injecté toute une série de substances nouvelles destinées à détruire le sérum inoculé. Il en est de même du bactériophage. L'organisme, pour maintenir l'intégrité de sa propre constitution, n'a pas égard à l'utilité de son rôle. Il forme un agent nouveau assurant la neutralisation et la destruction du principe intrus.

La production de cet anticorps ne s'opérant qu'au bout de plusieurs jours (6 à 8) réduit la durée d'action du bactériophage.

Tels sont les faits dont on doit tenir compte dans les essais thérapeutiques. Ces derniers sont jusqu'à présent trop peu nombreux pour que nous puissions à leur sujet émettre un avis définitif.

Ayant obtenu un bactériophage actif pour certains microbes pathogènes des animaux, nous comptons instituer les recherches nécessaires pour élucider cette question encore peu explorée.

R. Bruynoghe,
Professeur à l'Université de Louvain.

Les Facteurs Accessoires de la Nutrition

(VITAMINES)

Il arrive parfois à des questions scientifiques, surtout dans le domaine de la physiologie, de sortir du cercle restreint où les tiennent presque forcément enfermées leur langage aride et le caractère rarement pratique de leurs déductions immédiates ; mais il est rare qu'elles puissent le faire avec leur bagage de noms, de faits et d'idées, sans encourir une certaine déformation, car généralement l'engouement qu'elles suscitent, vient beaucoup moins de l'intérêt théorique qui s'attache à la découverte d'une parcelle de vérité que du désir souvent hâtif d'en tirer les applications utiles à l'humanité.

La question des vitamines est une de ces questions à fortune rapide et brillante qui, très vite, a débordé les milieux scientifiques pour jouir d'une faveur quasi générale, s'exposant par là au danger signalé. C'est ainsi que l'expression même de vitamines a reçu, peu à peu, une signification qui masque aux yeux de beaucoup le processus véritable des changements introduits dans nos conceptions physiologiques en matière de nutrition. Les termes de vitamines, de facteurs accessoires, de facteurs complémentaires, de nutramines ne sont, il est vrai, que des étiquettes apposées sur des substances encore inconnues et sans doute pareilles, sinon identiques.

Il y a cependant, à l'origine, entre ces dénominations, toutes les nuances qui distinguent les différents aspects d'une même chose suivant qu'on l'envisage du point de vue clinique ou physiologique.

Le grand retentissement qu'ont eu les vitamines s'explique aisément, car le problème qu'elles soulèvent n'est qu'un des aspects de la question beaucoup plus générale de l'alimentation. Or, si la fonction de nutrition n'est pas la fonction la plus noble, il n'en est pas de plus nécessaire et, de ce chef, tout ce qui s'y rattache, intéresse de multiples branches du savoir et de l'activité humaine. La physiologie en a fait sa préoccupation primordiale ; « elle est avant tout, dit Terroine, l'étude de la nutrition », et il ajoute ce mot de Cl. Bernard : « le vrai point de vue de la physiologie est, si l'on peut ainsi dire, le point de vue nutritioniste ». La pathologie, de son côté, continuellement en lutte avec des dyscrasies nombreuses et des états morbides causés par une nourriture vicieuse, insuffisante ou déficiente, est aux aguets de tout ce qui peut éclairer l'empirisme de ses investigations. Il n'est pas jusqu'à sa répercussion sociale et économique qui ne donne au problème alimentaire une portée dépassant les limites de la médecine et de la biologie.

Cela seul suffirait à justifier l'intérêt de découvertes qui, en physiologie, ont ébranlé l'édifice de nos conceptions dans une partie que l'on croyait solidement établie, qui nous ont éclairé, en pathologie, sur la cause restée longtemps obscure de certaines affections exotiques, ouvrant ainsi une large perspective d'applications thérapeutiques et qui, en hygiène, ont dévoilé un point de vue nouveau de l'alimentation rationnelle.

Aux yeux de beaucoup les vitamines ont bénéficié d'un effet de surprise ; la surprise a été moins grande, toutefois, que d'aucuns s'imaginent. La découverte des facteurs de la croissance est l'aboutissement logique et inévitable de la longue série de travaux qui, depuis vingt ans, ont progres-

sivement modifié nos idées sur le métabolisme cellulaire. Mais, par une heureuse coïncidence, les résultats obtenus en physiologie grâce à des méthodes précises et rigoureuses ont pu se superposer à ceux que fournit un peu plus tôt, par une voie toute différente et moins sûre, la pathologie expérimentale. Sans s'être donné rendez-vous, les « facteurs accessoires » de Hopkins, de Osborne, de Mc Collum, se sont rencontrés avec les « vitamines » curatives de Funck, d'Eijkmann, de Grijns, et tous deux ont pu, se prêtant un mutuel appui, consolider l'édifice commun bâti au croisement de leurs routes.

D'autres causes encore justifient la faveur des vitamines, qui tiennent aux circonstances de leur développement.

Les premiers résultats tangibles venaient, en effet, d'être acquis quand se déchaîna la terrible tourmente qui a désolé le monde pendant cinq ans. Loin de s'arrêter, le travail accompli durant la guerre, malgré elle et beaucoup aussi à cause d'elle, en physiologie, dans le domaine du métabolisme nutritif, a été considérable. C'est que, très rapidement, au premier plan des préoccupations générales est venu se placer le problème de l'alimentation. Le souci de le résoudre, malgré les difficultés chaque jour accrues du ravitaillement, incita ceux qui avaient la charge des États, à s'inspirer des données de la biochimie pour diriger et, à l'occasion, pour défendre leur politique des vivres. Tout naturellement la question des vitamines, en relation étroite avec celle du blutage, gagna en publicité ce que celle-ci acquit en importance. Elle fut ainsi une des premières à bénéficier de la diffusion des idées scientifiques.

Mais la guerre eut une autre influence encore. Par les masses considérables d'hommes de toutes races et de toutes nations qu'elle mit en mouvement dans des conditions souvent défectueuses d'alimentation, elle fournit aux cliniciens et aux physiologistes l'occasion d'une ample

récolte d'observations comme celle, par exemple, que fit au siège de Kut-el-Amara le colonel Hehir. Il y fut témoin des méfaits d'une erreur de diététique sur une garnison assiégée pendant quatre mois, et composée de régiments anglais soutenus par des contingents hindous. Ceux-ci, végétariens endurcis, furent, vers la fin de la résistance, décimés par le scorbut tandis que les premiers, grands consommateurs de viande et de farine blanche, le furent, au début, par le béribéri jusqu'au jour où les rigueurs du siège les contraignirent d'utiliser la farine grossièrement blutée des Hindous.

Aujourd'hui encore la question des vitamines continue à être à l'ordre du jour dans les milieux biochimiques, principalement anglo-saxons. Elle a été, ces temps derniers, le thème favori de bien des articles et l'objet de nombreux travaux. Il serait donc superflu de refaire par le menu l'exposé de tout ce qui les concerne ; un tel exposé, d'ailleurs, dépasserait les limites restreintes de cet article dans lequel je voudrais, sans m'attarder au point de vue clinique de la question et à ses conséquences diététiques, rester sur le terrain physiologique, fondement de tous les autres. Là même encore, négligeant le détail, je chercherai surtout à dégager la notion des vitamines, de la succession des faits qui jalonnent leur évolution scientifique, pour terminer par quelques-unes des hypothèses qu'a fait naître leur apparition.

NOTION DES VITAMINES

Les physiologistes ont souvent caressé avec complaisance l'espoir que les progrès de la science permettront un jour de substituer aux aliments dispensés avec prodigalité par la nature, des mets chimiquement élaborés par synthèse artificielle. Si l'espoir d'aujourd'hui devient la réalité de demain, je doute que sa réalisation ait auprès

des masses le succès qu'elle semblerait mériter, mais j'admets volontiers l'intérêt considérable qui y serait attaché. Nous n'en sommes pas encore là, car le problème en présuppose un autre à résoudre d'abord, celui dont nous avons à nous occuper. Il faut, en effet, déterminer, avant toute autre chose, quelles sont, au juste, les substances dont la présence dans nos aliments s'avère d'une absolue nécessité pour maintenir l'organisme animal en parfait équilibre de nutrition. La question, à première vue, paraît plus théorique que pratique, car une expérience plusieurs fois millénaire témoigne de la suffisance habituelle de l'alimentation choisie par l'homme depuis qu'il existe.

« Les corps vivants se servent à eux-mêmes d'aliments, disait Tiedemann, en 1831, c'est-à-dire, qu'ils se dévorent mutuellement : les combinaisons organiques qui passent d'un être dans les autres, ont en elles-mêmes les qualités nécessaires pour pouvoir reprendre la forme organique et reparaître à la vie par des manifestations d'activité des corps vivants. »

C'est donc de l'analyse de la matière vivante qu'il faut attendre la connaissance de nos principes alimentaires. Quand cette analyse eut montré la part prépondérante qu'y prennent les hydrates de carbone, les graisses, les albumines, les sels minéraux et l'eau, on considéra ces mêmes corps comme nos seuls aliments essentiels. Ce fut pendant longtemps l'idée régnante en physiologie. Aussi, grand fut l'étonnement de Lunin en 1880 quand, poursuivant au laboratoire du physiologiste Bunge, une étude sur le métabolisme minéral, il observa que les souris parfaitement acclimatées à un régime exclusivement lacté dépérissaient rapidement et mouraient, si on remplaçait le lait par l'ensemble de ses constituants, c'est-à-dire par un mélange de caséine et de beurre additionné de saccharose et de sels, sans que cependant l'anorexie ou la parésie intestinale pût être indiquée comme cause de la mort. Lunin crut pouvoir en conclure qu'à côté des aliments

considérés jusqu'alors comme seuls indispensables, devaient s'en trouver d'autres dont la nécessité, pour être moins apparente, était tout aussi absolue. Il se contenta d'émettre l'hypothèse sans en chercher la confirmation expérimentale, les recherches sur le métabolisme nutritif étant alors enrayées par les difficultés insurmontables de l'étude des substances albuminoïdes.

A ce même laboratoire, un autre élève de Bunge, Socin, dix ans plus tard, en 1891, au cours d'un travail sur l'assimilation du fer, arrivait à des conclusions identiques, et constatait qu'un mélange d'aliments purifiés, presque semblable à celui de Lunin, n'était pas suffisant pour entretenir la vie des souris, mais le devenait par addition de jaune d'œuf.

Enfin en 1905, Falta et Noeggerath, devant les résultats de certaines expériences d'Abderhalden, de Henriques et Hansen, en contradiction apparente avec celles de Lunin et de Socin, ont cherché, eux aussi, à nourrir avec des aliments purifiés, non plus des souris mais des chiens et des rats, aboutissant, d'ailleurs, aux mêmes conclusions, au même insuccès. On le voit, dès cette époque, la question des facteurs complémentaires de l'alimentation est nettement posée en physiologie ; si la biochimie d'alors a été impuissante à la résoudre, c'est parce que, n'étant que la chimie des êtres organisés, ses progrès ont toujours été forcément conditionnés par ceux de la chimie générale. Or, cette époque du début du siècle est également celle où commencent à apparaître les grands travaux de l'école de Fischer et d'Abderhalden, qui vont révolutionner la chimie des matières albuminoïdes, en substituant dans toutes les interprétations des phénomènes digestifs la notion de l'acide aminé à celle de l'albumine elle-même. En montrant la valeur très inégale qu'ont les différentes albumines au point de vue nutritif, ces travaux modifient radicalement l'orientation des recherches sur la nutrition. A la conception quantitative, jusque là, des

aliments va succéder la notion trop méconnue de leur qualité. La nécessité de l'albumine devient celle des acides aminés qu'elle renferme, nécessité du tryptophane et de la tyrosine pour l'équilibre, de la cystine et de la lysine pour la croissance.

Mais il faut, pour mener à bien beaucoup de ces travaux, soumettre les animaux en expérience à des régimes de composition minutieusement déterminée. La physiologie, mieux armée, est ainsi amenée à reprendre l'hypothèse de Lunin et de Socin, et à la faire entrer dans la troisième phase de son évolution scientifique, celle de l'expérimentation. Hopkins en 1906 pose nettement la question : « Il y a vraisemblablement, dit-il, dans les aliments naturels, à côté des corps essentiels, d'autres substances encore qui concourent à la nutrition de l'organisme ; peut-être sont-ce ces mêmes éléments qui interviennent dans la pathogénie de certaines dyscrasies comme le rachitisme et le scorbut ». Les physiologistes en conviennent ; tout le problème qualitatif de l'alimentation exige une revision sévère. De différents côtés, dès cette année 1906, on s'y attelle avec acharnement ; on y travaille principalement chez Hopkins en Angleterre, en Amérique chez Osborne et Mendel, et en 1907 à la « Wisconsin Experiment Station » d'abord avec Hart et Humphrey, ensuite avec Mc Collum, Davis et d'autres. Ces travaux, dont les résultats ne paraîtront que cinq ou six années plus tard, en 1911 et 1912, vont mettre en évidence, de façon définitive, l'existence des facteurs complémentaires de la croissance et de la nutrition.

Mais avant d'y arriver, nous devons signaler, à cause de leur influence sur la suite de ces recherches, les observations et les expériences intéressantes faites, quelques années plus tôt, par des médecins des Indes hollandaises ; issues d'un autre point de départ et suivant une orientation toute différente, elles devaient amener la pathologie à des conclusions presque identiques à celles de la physiologie.

Depuis longtemps, on poursuivait là-bas l'étude du béribéri, bien connu dans tout l'Extrême-Orient où se fait une consommation abondante de riz ; la pathogénie de cette maladie était fort discutée. Eijkmann, en 1897, lui reconnut définitivement pour cause la décortication du riz par l'opération du glaçage qui lui enlève sa cuticule et son germe. Bien mieux, il réussit à reproduire chez des poules et des pigeons nourris avec du riz décortiqué, une sorte de béribéri expérimental, caractérisé par de la polynévrite des membres, souvent accompagnée d'incoordination des mouvements, et toujours suivie de mort rapide. La cuticule de riz avait sur cette polynévrite, traitée à temps, une action curative, surprenante et infaillible. Plusieurs théories furent mises en avant pour expliquer ces phénomènes. Eijkmann, au début, resta partisan de l'intoxication endospermique, guérie par un contre-poison cuticulaire.

Une étude détaillée de la polynévrite aviaire fut publiée en 1901 par Grijns, qui défendit l'hypothèse d'une déficience alimentaire. La cuticule du grain de riz devait, selon lui, contenir une substance nécessaire à l'alimentation, autre que celles considérées jusqu'alors comme essentielles. Il retrouva dans les haricots, dans les extraits de viande, de levure, dans d'autres produits naturels l'action curative antibéribérique du son de riz. L'hypothèse de la déficience était séduisante, mais il eût fallu, pour l'imposer, lui donner une confirmation expérimentale, basée sur des échanges nutritifs soigneusement contrôlés, car le riz est un aliment de qualité inférieure, pauvre en matières minérales et azotées. On pouvait encore corroborer l'hypothèse de la déficience, en cherchant chimiquement à isoler la substance active de la cuticule pour en déterminer ensuite la constitution moléculaire. Cette seconde voie parut la plus simple, et la liste est longue de ceux qui la suivirent.

Une curieuse coïncidence conduisait ainsi, presque

simultanément, la pathologie expérimentale et la physiologie à une hypothèse identique. Leurs chemins différents devaient forcément converger et se rejoindre.

En 1911, Casimir Funck parvint à retirer de la cuticule du riz une substance cristalline, soluble dans l'eau et dans l'alcool, fondant à 233°, capable de diminuer fortement la polynévrite aviaire, sans toutefois la guérir. Cette substance ne pouvait être, selon lui, que le principe actif, objet de ses recherches et de celles de tant d'autres : il la nomma « *vitamine* », pour rappeler tout à la fois son importance dans les phénomènes vitaux et ses caractères constitutionnels au point de vue chimique. Il lui assigna une formule brute $C^{7}H^{8}N^{2}O^{2}$ et crut pouvoir la rattacher au groupe des bases pyrimidiques. Les cristaux de Funck, il faut bien en convenir, ont perdu beaucoup aujourd'hui de leur importance du début : on est bien près de les considérer comme totalement étrangers à l'élément déficient du régime béribérique et redevables de leur activité uniquement aux impuretés qu'entraîne leur formation. La découverte néanmoins eut un grand retentissement et le mot fit fortune. Aussi, prématurément peut-être, la pathogénie du béribéri passa du domaine des hypothèses dans celui des réalités. Heureusement les travaux physiologiques n'allaient pas tarder à donner à la notion des vitamines une solidité dont les recherches de Funck ne procuraient que l'apparence.

Revenons maintenant au problème que la physiologie avait à résoudre : ce problème d'une portée, nous l'avons dit, plus théorique que pratique, était enserré entre des limites étroites, mais il fallait pour mener à bien la solution s'entourer de précautions multiples et soumettre les expériences à un contrôle rigoureux. Il comportait la réponse à la question suivante : un animal peut-il se développer et maintenir son équilibre nutritif avec une alimentation exclusivement composée par ce que l'on considère comme les seuls aliments essentiels, c'est-à-dire,

par un mélange, en proportions judicieusement choisies, d'albumines, de graisses, d'hydrates de carbone, de sels et d'eau ?

L'essai, à première vue, semble facile ; en réalité, il présente de très sérieuses difficultés. La première consiste à obtenir les substances alimentaires à un degré suffisant de pureté pour exclure toute influence étrangère ; or, cette purification n'est pas un vain mot, si l'on songe à l'intensité d'action des facteurs accessoires. L'histoire des vitamines est remplie des déboires causés par des purifications incomplètes. Une deuxième difficulté, beaucoup plus sérieuse, tient au choix des aliments essentiels et à la part qu'il faut faire à chacun d'eux dans la ration quotidienne. Toutes les albumines n'ont pas une égale valeur et les proportions où interviennent les sels inorganiques, ne sont pas indifférentes. Le mélange que reçoit l'animal doit non seulement couvrir ses dépenses d'énergie, mais faire face à toutes les exigences qualitatives de son organisme. Or, ces exigences, très imparfaitement connues, ne peuvent être déterminées qu'empiriquement, en soumettant l'animal à des épreuves préalables de longue durée, en employant ce qu'avec d'autres on peut appeler « la méthode biologique d'analyse alimentaire ». La négligence, malheureusement très fréquente, de ce point fondamental enlève à beaucoup d'expériences leur valeur vraiment scientifique. Il faut enfin dans les résultats observés savoir faire le départ de ce qui revient à la déficience et de ce qui est dû aux troubles occasionnés par la monotonie du régime et surtout par la répugnance des animaux à s'y soumettre ; cette répugnance amène facilement par l'inappétence un état d'hyponutrition dont les symptômes, assez mal étudiés jusqu'à présent, peuvent se confondre avec ceux de la déficience elle-même. Il y a peu d'années encore, la théorie rattachant le béribéri à une hyponutrition était la plus accréditée. Le choix de l'animal est ici fort important. Le rat qui a servi aux expériences

de Hopkins, d'Osborne et Mendel, de Mc Collum, de Davis, de Drummond est, par son indifférence vis-à-vis des aliments, un animal très supérieur aux pigeons ou aux poules béribériques d'Eijckmann, aux cobayes scorbutiques de Holst et aux chiens rachitiques de Mellanby. Les résultats obtenus avec lui, surtout quand les expériences sont conduites avec la minutie et la rigueur dont l'école américaine a pris l'habitude dans ses travaux sur les échanges nutritifs, acquièrent une valeur que n'ont pas toujours les autres.

Toutes ces difficultés d'expérimentation ont été et sont actuellement encore la cause principale du désaccord trop souvent constaté dans les résultats et la source des objections soulevées contre eux.

C'est en 1911 et 1912 que parurent les premières publications de Hopkins, de Osborne et Mendel, suivies peu après de celles de Mc Collum, de Davis, de Kennedy et de bien d'autres. L'exposé détaillé de ces recherches ne présente plus aujourd'hui qu'un intérêt secondaire ; il suffit d'en signaler les grandes lignes. Tous ces auteurs ont étudié les phénomènes de croissance et de nutrition chez des rats jeunes et adultes, soumis à un régime d'aliments purifiés, sensiblement le même chez tous.

Voici, à titre d'exemple, la composition du mélange qu'a utilisé Mc Collum : caséïne 19 parties, lactose 20 p., graisse 5 p., sels 2 à 5 p., amidon 50 à 55 p., mélange auquel on ajoute souvent un peu de cellulose ou d'agar pour entretenir la péristaltique de l'intestin.

Après les tâtonnements forcés et les contradictions inévitables du début, l'accord se fit complet sur les deux points suivants : 1) un régime d'aliments purifiés est nettement insuffisant et provoque chez les animaux, outre un arrêt presque immédiat de la croissance s'ils sont jeunes, une déchéance générale et progressive qui conduit rapidement à la mort ; 2) les phénomènes se modifient complètement, la croissance reprend, la santé se rétablit, si

l'on ajoute au régime soit quelques centimètres cubes de lait ou de lait débarrassé de son albumine ou de ses sels (Hopkins), soit encore de petites quantités de beurre ou de jaune d'œuf (Mc Collum, Osborne et Mendel). Stepp, deux années auparavant, dans des recherches moins précises rappelant plutôt celles de Lunin et de Socin, était arrivé à des conclusions identiques, et avait montré l'influence décisive qu'a pour l'alimentation des souris la partie du pain et du lait soluble dans l'alcool.

Force fut donc d'admettre la nécessité dans l'alimentation de substances encore inconnues, autres que les albumines, les graisses, les hydrates de carbone et les sels. Hopkins proposa de les nommer « *les facteurs accessoires de l'alimentation* ». Leur accointance avec les graisses et leur solubilité souvent constatée dans les solvants organiques les firent au premier abord considérer comme des lipoïdes, sans qu'on pût toutefois les identifier avec les représentants les mieux connus de cette classe, les lécithines, la cholestérine, la céphaline, les cérébrones, etc...

L'hypothèse identique où avait conduit l'étude du béribéri ne pouvait échapper plus longtemps à l'attention des physiologistes.

Qu'était la vitamine de Funck comparée aux facteurs accessoires de Hopkins ? Leur identité pouvait seule concilier des résultats qui, sans elle, eussent été contradictoires. Mais il fallait pour que cette identité fût confirmée, que le beurre, source principale de facteurs complémentaires dans les expériences de croissance, eût une action curative sur la polynévrite aviaire et que, de son côté, l'extrait de levure, agent antibéribérique par excellence, pût assurer chez les rats le maintien du développement et de l'équilibre. Cette expérience cruciale échoua doublement, à la grande surprise de Mc Collum qui ne voulut, dès l'abord, reconnaître d'autre facteur accessoire que celui contenu dans la graisse de lait

(butter-fat). L'énigme restée entière ne fut résolue que le jour où presque fortuitement on remplaça, dans le régime des animaux, le lactose par du riz ou du saccharose. Aussitôt le beurre devint insuffisant comme agent de la croissance et son action dut être complétée par celle d'une substance antibéribérique : ce fut le premier grand deboire causé par une purification incomplète, celle du lactose dont s'était servi le physiologiste américain.

La conclusion de ce long debat fut tirée par Mc Collum et Davis : *il existe non pas un, mais au moins deux facteurs, ou mieux deux groupes de facteurs accessoires de la croissance et de la nutrition, le premier associé aux graisses, et que pour cette raison ils ont appelé les facteurs liposolubles A, le second, soluble dans l'eau ou l'alcool aqueux, facteurs hydrosolubles B, analogues ou identiques à la vitamine de Funck dont ils partagent les propriétés antibéribériques.*

Les conséquences physiologiques de la suppression expérimentale de chacun de ces facteurs, ont été recherchées, depuis lors, sur nombre d'animaux d'espèces variées.

La déficience en facteurs B occasionne des manifestations à marche rapide, à caractères aigus, survenant chez l'adulte aussi bien que chez le jeune animal. L'organisme paraît n'en posséder que des réserves nulles ou minimes. L'arrêt de la croissance est immédiat, le dépérissement est progressif et s'accompagne fréquemment d'une polynevrite qui rappelle le beriberi humain : on observe souvent aussi, chez les pigeons surtout, les symptômes très connus d'incoordination cérébelleuse qui précèdent la mort de très près. L'une des particularités de ces troubles est la facilité avec laquelle ils s'atténuent et disparaissent sous l'influence des éléments dont ils ne font que traduire le manque, exception faite pour les cas où la prolongation du régime déficient a entraîné des lésions organiques définitivement incurables.

La carence des facteurs liposolubles A donne lieu à des

manifestations beaucoup plus tardives. Le besoin de ces substances est-il moindre ou les réserves plus considérables ? On ne le sait. Ce sont, avant tout, des facteurs de croissance. Cependant, même chez l'adulte, leur déficience finit, à la longue, par provoquer une altération de l'état général allant jusqu'à la mort. A côté d'une réceptivité accrue vis-à-vis des infections, on a signalé, chez la plupart des animaux soumis à un régime sans facteurs A, des troubles oculaires (xérophtalmie) caractérisés par un œdème des paupières et une conjonctivite amenant l'ulcération de la cornée et la cécité. Des affections analogues, à allure épidémique, ont été observées, depuis, chez des enfants et des populations mal nourries ; la symptomatologie et la guérison de ces maladies après ingestion de corps gras, permettent aujourd'hui de les rattacher à une insuffisance de facteurs liposolubles.

La liste des facteurs accessoires est-elle close ? Certaines affections, connues depuis longtemps pour être la conséquence d'une alimentation défectueuse, ne sont-elles pas aussi des maladies par déficience ou carence, des avitaminoses comme les ont appelées Hugounenecq, Weill et Mouriquand ? Faut-il étendre au scorbut, au rachitisme, à la pellagre la notion de vitamine, et admettre avec Funck, à côté de vitamines antibéribériques, l'existence de vitamines antiscorbutiques, antipellagreuses, antirachitiques ?

Laissant de côté la pellagre dont l'étude est à peine ébauchée, retenons surtout le scorbut, cette affection des longues croisières, tour à tour attribuée à une intoxication, à une infection, ou à une erreur de diététique. Ce fut le mérite des Suédois Holst et Frolich, en 1907, d'avoir pu le reproduire avec ses lésions osseuses et ses hémorragies cutanées caractéristiques, chez des cobayes nourris exclusivement de graines et d'eau. Depuis lors, on a réussi à le faire apparaître chez les singes. L'identité des manifes-

tations de ce scorbut expérimental avec celui de l'homme n'est pas contestée. Dans les deux cas, la guérison s'obtient en modifiant le régime par l'addition d'aliments frais, surtout des légumes et des fruits. Il y a, vraisemblablement, dans ces aliments, une ou des substances antiscorbutiques dont l'étude, fort incomplète, a montré la grande instabilité vis-à-vis des agents physiques, dessiccation et chaleur. Ces substances qui n'existent pas dans la graine, y apparaissent au cours de la germination. A ces données très vagues s'arrêtent nos connaissances sur leur nature et le mécanisme de leur action.

La pathogénie du scorbut en est ainsi arrivée au point où en était celle du béribéri lorsque Eijkmann put reproduire la polynévrite aviaire. C'est affaire de mots maintenant d'appeler ces agents thérapeutiques, des vitamines anti-scorbutiques, à condition toutefois de n'y attacher qu'une signification purement clinique, sans portée chimique ou physiologique. Or, ce qui seul nous intéresse, du point de vue biologique où nous nous plaçons, c'est de savoir si ces vitamines constituent un troisième groupe de facteurs accessoires, les facteurs C, comme on les appelle, indispensables au même titre que les facteurs A et B à l'équilibre de nutrition chez les organismes supérieurs.

Pareille conclusion n'est pas encore entièrement démontrée.

Un régime, composé exclusivement de graines, même cortiquées, est d'une valeur alimentaire médiocre, pauvre en matières azotées, en éléments minéraux, Na, Ca, Cl et insuffisant en facteurs liposolubles A. Après avoir corrigé cette déficience partielle au moyen d'aliments purifiés, Mc Collum et d'autres ont réussi, sans apport de substances antiscorbutiques, à maintenir, pendant plusieurs générations, la croissance normale et l'équilibre des rats. Les régimes de Holst, scorbutigènes pour les cobayes et les singes, ne le sont donc pas pour les rats.

Tout récemment, Simonet, en France, est arrivé à des résultats identiques avec des pigeons. Cette façon différente de se comporter, principalement du rat et du cobaye, est susceptible de plusieurs explications. Les facteurs accessoires peuvent différer pour les espèces animales, soit que chacune d'elles ait ses exigences alimentaires propres, soit que le pouvoir de synthèse varie de l'une à l'autre. Toutefois pareille diversité d'exigences entre animaux supérieurs aussi biologiquement voisins, certaine pour les proportions quantitatives des aliments essentiels, reste purement hypothétique en ce qui concerne les facteurs accessoires ; elle a contre elle le caractère de généralité qui semble l'apanage des facteurs A et B. On pourrait admettre encore que les réserves abondantes en facteurs C que possèdent les rats — leur tissu hépatique, même après un régime scorbutigène, s'est montré, entre les mains de Parsons, riche en matière antiscorbutique — sont largement suffisantes pour couvrir des besoins qui paraissent fortement réduits.

Il y a là, on le voit, plus d'une difficulté encore à résoudre. Le moins qu'on puisse dire, c'est que la pathogénie du scorbut reste obscure en plus d'un point, et que l'existence des facteurs C n'est pas absolument certaine actuellement.

Quant au rachitisme et à ses troubles d'ossification causés par une alimentation presque toujours défectueuse, l'étude en est poussée activement aujourd'hui par les deux écoles anglaise et américaine. Les travaux de celle-ci sont à peine commencés, mais les résultats auxquels elle est arrivée déjà, complétés par ceux qu'a obtenus Mellanby en 1918, en expérimentant sur des chiens, ne laissent aucun doute sur la nature dyscrasique de cette affection du jeune âge. Mais rien encore ne permet d'attribuer le rachitisme à une déficience quelconque et de le considérer comme une avitaminose, bien que les faits actuellement observés paraissent établir une certaine relation entre

l'apparition des manifestations rachitiques chez les animaux en expérience et les régimes insuffisants en facteurs liposolubles A. Doit-on considérer ceux-ci comme les régulateurs du métabolisme calcique ou phosphorique ? Peut-être. Il est nécessaire, dans tous les cas, pour continuer l'étude du rachitisme, de reprendre méthodiquement les recherches sur la valeur nutritive de divers régimes synthétiques et de déterminer les conséquences qu'entraîne la soustraction tour à tour de chacun des éléments qui les constituent. Pareille étude est entreprise depuis quelques mois par les deux instituts réunis de pédiâtrie et d'hygiène de l'université de John Hopkins à Baltimore. Nous ne pouvons qu'en attendre les résultats.

Dans cet aperçu succinct des recherches sur les facteurs accessoires, nous avons à mentionner encore une série de travaux dont quelques-uns apportent, avant la lettre, devrait-on dire, une contribution sérieuse au problème passionnant de l'origine des vitamines.

Les recherches dont nous avons parlé jusqu'ici, ne les ont envisagées que dans l'alimentation de l'animal supérieur. Leur action est-elle limitée à ces représentants du monde organisé, ou est-elle sensible encore chez ceux qui occupent les échelons inférieurs de la série animale et végétale ? On saisit l'importance de la question pour la physiologie générale, car il y a un intérêt primordial à connaître ceux des êtres vivants qui les peuvent fabriquer et ceux qui, ne le pouvant pas, deviennent les tributaires obligés des premiers.

Le problème, pour la levure, est partiellement résolu depuis vingt ans, grâce aux travaux de Ide et de ses élèves. Bien longtemps avant qu'il fût question de vitamines, Ide et Wildiers purent établir, comme suite à la longue discussion entre Pasteur et Liebig, que la croissance et l'activité fermentative des levures, extrême-

ment lentes sur un milieu exclusivement minéral et sucré, acquièrent une vitesse étonnante si l'on ajoute au milieu de culture un peu du produit de décoction de la levure commerciale. L'expérience est à la fois simple, facile et élégante. Wildiers, avec raison, voulut voir dans cette action accélératrice l'influence d'une substance organique nécessaire au métabolisme cellulaire du micro-organisme. Sans la connaître encore et sans rien préjuger ni de sa nature chimique ni du mécanisme de son action, il la nomma « bios ».

Ses recherches et celles de Devloo en montrèrent la large répartition dans la matière vivante et son abondance toute particulière dans le jaune d'œuf, dans les lécithines du commerce, dans un grand nombre d'extraits, ceux de viande, de belladone, d'ergot, etc... ; le bios est soluble dans l'eau et dans l'alcool aqueux, dialysable, précipitable par l'acide phosphotungstique, c'est-à-dire que, chimiquement et biologiquement, le bios de Ide-Wildiers apparaît devoir être à la levure, un peu ce que la vitamine est aux mammifères et aux oiseaux. La conception du bios, à son apparition, fit grand bruit dans le monde des mycologistes et ne fut admise qu'après des discussions parfois très vives ; elle acquiert aujourd'hui un intérêt tout particulier, à la fois théorique et pratique, théorique parce qu'elle étend au monde des micro-organismes la notion jusqu'ici fort limitée des facteurs de la croissance et de l'équilibre, pratique car l'analogie du bios avec le facteur hydrosoluble B de Mc Collum et la vitamine antibéribérique de Funck crée pour leur étude une méthode biologique de recherches dont la simplicité contraste avec les difficultés des expériences d'alimentation carencée des mammifères et des oiseaux.

Aux travaux du laboratoire de Ide se rattachent étroitement ceux beaucoup plus récents de Bottomley et de Mockeridge, qui ont étudié les facteurs accessoires de croissance dans le règne végétal et chez les organismes

les plus simples. Bottomley, en étudiant l'action fertilisante de la tourbe, a constaté qu'après sa fermentation par les microbes aérobies du sol, elle exerce sur le développement des phanérogammes un effet stimulant, qu'elle n'a pas avant d'avoir été fermentée. Or, cet effet est lié, lui aussi, à la présence dans la tourbe « bactérisée » d'un principe soluble dans l'alcool aqueux et précipitable par l'acide phosphotungstique comme le sont les vitamines et le bios.

Comme à chaque chose il faut un nom, Bottomley a appelé ses substances fertilisantes des « auximones ». D'où viennent-elles et qui les produit ? La solution du problème a été cherchée par Florence Mockeridge, qui répartit les bactéries du sol en deux groupes, l'un stimulé par les auximones et l'autre pas. Celui-ci, en dernière analyse, serait chargé d'élaborer pour le reste des êtres vivants les provisions de vitamines nécessaires au maintien de leur équilibre vital (1).

L'étude n'est pas terminée, il s'en faut, et le classement des microbes en deux catégories peut très bien ne correspondre qu'imparfaitement à la réalité. Car, si on retrouve l'action des facteurs accessoires jusque dans le métabolisme des microorganismes, elle ne paraît pas toujours avoir pour eux le même caractère d'absolue nécessité que pour les animaux supérieurs.

Il suffit d'avoir posé ces quelques jalons pour montrer l'étendue du domaine qui s'offre aux chercheurs dans

(1) Nous avons réuni dans le tableau suivant les différents facteurs complémentaires de la nutrition :

GROUPE A	facteurs liposolubles, antixérophtalmiques. vitamines antirachitiques (?)
GROUPE B	facteurs hydrosolubles. vitamines antibéribériques et antinévritiques. bios de Ide-Wildiers. auximones de Bottomley.
GROUPE C	: vitamines antiscorbutiques.

cette question passionnante des vitamines, et l'intérêt très considérable que présente son étude pour les cliniciens. Mais cette étude se heurte actuellement à un obstacle malaisé à surmonter ; car, nous devons bien l'avouer, les vitamines se refusent à livrer le secret de leur constitution chimique et du mécanisme de leur action.

CARACTÈRES CHIMIQUES DES VITAMINES

Déchiffrer la composition chimique, ne fût-ce que d'un des facteurs accessoires, projetterait la lumière sur tout le champ de leur activité. Aussi n'y a-t-il guère, en Europe ou ailleurs, de laboratoire de physiologie où on se soit occupé des vitamines et où on n'ait cherché à solutionner le problème de leur constitution moléculaire. Mais j'ajoute aussitôt que tous ceux qui ont affronté le sphinx et cherché à résoudre l'énigme, ont invariablement échoué.

La déconvenue paraît d'autant plus étrange que les biochimistes possèdent ici un fil d'Ariane pour diriger leurs recherches dans le dédale de manipulations que représente une analyse organique. L'action intense et toujours infaillible des facteurs accessoires sur les troubles provoqués par une alimentation carencée est, en effet, un guide très sûr pour déceler leur présence tour à tour dans les précipités et les filtrats.

L'étude chimique des facteurs liposolubles A en est encore à la période des tout premiers tâtonnements. Ils sont insolubles dans l'eau mais solubles dans les graisses et les solvants organiques tantôt directement, tantôt après hydrolyse de leurs combinaisons avec d'autres constituants cellulaires. On peut ainsi, sans préjuger en rien de leur constitution chimique, les ranger dans la classe des lipoïdes, bien qu'ils ne s'identifient avec aucun de ceux qui nous sont actuellement connus. On les trouve

fréquemment associés aux lipochromes et surtout à la carotine. Ils ont une résistance relativement faible à la chaleur, diminuant rapidement à mesure que la température s'élève, au point qu'ils perdent toute activité dans un beurre chauffé pendant quatre heures à 100°. Ils abondent dans le lait, le beurre, le jaune d'œuf, dans certains tissus comme le foie, le rein, le cœur, le cerveau, dans l'huile de foie de morue et dans les légumes verts. Ils sont rares ou absents dans beaucoup de graines, dans le pain, le lard, dans les huiles végétales et les margarines qui en dérivent, dans la plupart des fruits et probablement dans la viande.

Les facteurs B qu'on trouve en abondance dans la levure, les œufs, la cuticule des céréales, sont, par suite de leur extraction facile, plus accessibles aux recherches et par là même mieux connus. Le nombre de ceux que leur étude intéresse, est aussi plus considérable, car les facteurs B de Mc Collum, les vitamines antinévritiques de Funck, les eutonines d'Abderhalden, le bios de Ide-Wildiers et probablement aussi les auximones de Bottomley, sont si voisins, en supposant qu'ils ne s'identifient pas, que la connaissance des uns doit forcément faciliter la découverte des autres. Le travail de Devloo sur le bios de Wildiers, paru en 1906, résume, aujourd'hui encore, à peu de chose près, ce que nous savons de leurs propriétés chimiques.

Ils sont solubles dans l'eau et l'alcool aqueux, mais insolubles dans l'éther, l'acétone et le benzol. Ils ne sont pas précipités par l'acétate de plomb, mais bien par l'acide phosphotungstique ainsi que par les sels d'argent ou de mercure en solution barytique. L'alternance de ces précipitations et redissolutions écarte bon nombre de composés les accompagnant et concentre toujours davantage la partie active.

Leur action sur la croissance des jeunes rats ou la polynévrite des pigeons permet de les suivre à travers ces

multiples manipulations. Mais la méthode manque de simplicité ; certains préfèrent actuellement à ce test physiologique, d'une préparation difficile, le procédé, rapide et commode, basé sur le développement de la levure et sa fermentation alcoolique (Bachmann, Williams, Funk) (1).

Le produit de la purification progressive des facteurs hydrosolubles C consiste généralement, après évaporation, en une masse sirupeuse, ordinairement colorée, rebelle à la cristallisation et toujours azotée. L'azote s'y trouve dans une combinaison que n'atteint pas l'acide nitreux.

Il se forme parfois, au cours des réactions, des cristaux dont l'activité donne à ceux qui les découvrent, l'illusion d'une vitamine chimiquement isolée. Succès jusqu'à présent sans lendemain ; toujours on s'est aperçu que ces cristaux étaient par eux-mêmes inactifs, et ne tiraient leur activité que des eaux-mères qui les baignaient. La liste de ces fausses vitamines n'est pas close, quoique déjà très longue.

L'activité des substances B, après leur extraction, présente une résistance considérable à la chaleur et aux acides, qui contraste avec la perte des propriétés antinévritiques que fait subir aux aliments leur stérilisation à l'autoclave à 120°. Comme pour les facteurs A et C, la résistance paraît ici conditionnée par leur état physique et chimique dans les produits naturels qui les contiennent.

On a beaucoup cherché, au cours de ces dernières années, à déterminer la quantité de substances accessoires contenue dans nos différents aliments, en prenant comme unité de mesure celle qui est nécessaire soit pour maintenir la croissance normale des jeunes animaux, soit pour

(1) L'emploi de la fermentation alcoolique rend d'incontestables services dans l'étude chimique des vitamines B. Le contrôle des résultats par l'expérimentation sur les animaux reste toutefois nécessaire aussi longtemps que l'identité du bios et des facteurs hydrosolubles n'aura pas été démontrée.

amender les troubles d'une déficience provoquée. Dans l'état actuel de nos connaissances, ces mesures ne sont et ne peuvent être que très approximatives. Tout aussi illusoires sont actuellement les préparations alimentaires de vitamines. Toutes ces questions ne pourront être sérieusement étudiées que le jour où l'on aura percé le mystère de leur constitution chimique. C'est de ce côté que tendent et que doivent tendre aujourd'hui tous les efforts.

Sommes-nous plus avancés en ce qui concerne le mécanisme d'action de ces nouvelles venues dans le métabolisme nutritif de l'être vivant ?

Nous allons voir que là aussi l'énigme reste entière, entretenue par l'activité quelque peu mystérieuse des facteurs complémentaires et par la difficulté même de l'expérimentation.

LES THÉORIES

Dans un domaine aussi peu exploré que celui-ci, toutes les hypothèses sont possibles, elles sont même toutes légitimes du moment où, comme le dit Claude Bernard, elles se font investigatrices et provocatrices de recherches et d'expérimentation.

Écartons tout d'abord la théorie des symbiotes de Portier, théorie originale, hardie mais indéfendable. Pour Portier, il y a dans les cellules de tout être vivant, quel que soit le degré de son organisation, depuis le plus simple jusqu'au plus compliqué, des microorganismes extrêmement petits qui en assureraient l'intégrité fonctionnelle. Une véritable symbiose présiderait ainsi à l'accomplissement des phénomènes vitaux. Seuls parmi les organismes vivants, les symbiotes, ainsi que les a appelés leur auteur, seraient des êtres simples, susceptibles d'une vie propre, complètement indépendante. Or, il y a entre les propriétés des vitamines et les caractères que Portier prête

à ses symbiotes, un semblant de parenté qui peut conduire à les identifier : de part et d'autre on trouve même nécessité de leur présence pour le métabolisme cellulaire, même extraordinaire profusion dans la nature, même apparence de fragilité vis-à-vis des agents physiques et chimiques. Pareille théorie ne manque pas d'intérêt ; malheureusement, elle ne résiste guère au contrôle expérimental des faits et va à l'encontre des idées généralement admises sur la vie symbiotique. Il n'est pour elle d'autre base acceptable que la démonstration expérimentale de l'existence du symbiote. Mais cette démonstration reste tout entière à faire et les nombreux essais de culture du mystérieux organite, en partant d'un tissu aseptiquement prélevé, n'ont rien donné jusqu'à présent (Lumière). Leurs analogies avec les vitamines sont, d'ailleurs, d'un caractère très général, et se retrouvent chez nombre de constituants cellulaires. Par contre, les facteurs accessoires possèdent des propriétés difficilement compatibles avec ce que nous connaissons de la fragilité de la matière vivante : ainsi, par exemple, aurait-on peine à se représenter un organisme, si résistant et si particulier qu'il soit, gardant intacte sa puissance de vie au travers des manipulations de tous genres auxquelles résistent les vitamines.

Deux hypothèses surtout se partagent la faveur des physiologistes. L'une d'elles veut voir dans l'influence des vitamines sur les phénomènes de croissance ou de nutrition, une action analogue à celle des ferments ou des diastases sur l'ensemble des opérations biochimiques. Il est curieux de le noter, l'idée de comparer l'action des facteurs accessoires à celle des agents diastasiques a été exprimée pour la première fois par Hopkins, lorsqu'il eut constaté l'heureuse influence exercée sur le développement des rats par l'addition de deux centimètres cubes de lait à leur alimentation purifiée. Pareille quantité lui parut si minime qu'elle éveilla en lui l'idée d'un rapprochement

avec les diastases. Or, si l'on tient compte du poids moyen, 30 à 40 grammes, des jeunes rats en observation, on doit convenir que deux centimètres cubes cessent d'être négligeables ; pour un homme normal ils équivaudraient à la masse de quatre litres. Je m'empresse d'ajouter cependant que de pareilles quantités sont loin d'être nécessaires : j'ai dit plus haut la difficulté qu'on éprouve à écarter toutes les vitamines des régimes carencés et comment la purification incomplète du lactose avait suffi pour induire Mc Collum en erreur et lui faire nier, tout d'abord, l'existence des facteurs hydrosolubles B. Incontestablement donc les nouveaux facteurs de la nutrition interviennent dans le métabolisme à des doses qui font songer aux actions fermentaires et qui sont inférieures de loin aux quantités des substances essentielles de l'alimentation. Mais la raison n'est pas suffisante pour identifier les deux actions.

L'imprécision même de l'idée de « substances-ferments » exerce sur beaucoup l'attrait de l'inconnu ; elle accroît l'énigme des vitamines et ressuscite, en quelque sorte, à leur profit, un reste de la force mystérieuse attribuée autrefois à la matière organisée. Parler de « substances-ferments » à propos de vitamines, c'est assimiler, somme toute, quelque chose que nous ne connaissons pas à quelque chose que nous ne connaissons guère. L'étude de l'action diastasique, si importante soit-elle pour le métabolisme cellulaire, échappe de plus en plus à la biologie pour passer à la chimie pure où elle se confond aujourd'hui avec celle de l'action catalytique ; car si, par leur origine et la nature organique et colloïdale de leur constitution, les diastases appartiennent au monde organisé, par leur action nettement physico-chimique et par les lois qui la régissent, elles se rangent à côté des catalyseurs inorganiques. Leur rôle dans les réactions chimiques a acquis une signification précise, intimement liée à la vitesse des réactions. Il faut bien en convenir, nous

n'avons rien de pareil, jusqu'à présent, dans l'action des vitamines. Nous ne les connaissons que par leurs manifestations biologiques sur l'ensemble de l'être vivant, sans qu'elles témoignent, *in vitro*, d'aucune activité rappelant, fût-ce de loin, celle des diastases ou des catalyseurs. Leur effet de stimulation sur le métabolisme cellulaire, résultat d'actions dont la nature nous échappe entièrement, est par trop distant de l'activation enzymatique entendue au sens précis actuel pour qu'on puisse établir entre vitamines et diastases un lien de parenté.

Allons plus loin. Depuis les belles recherches de G. Bertrand sur la laccase, une hypothèse s'accrédite de plus en plus : la diastase serait un complexe colloïdal formé de deux facteurs d'activité très inégale. L'un, le coferment ordinairement inorganique, serait, en fait, la partie agissante : sel de manganèse dans la laccase, chlorures alcalins dans l'amylase pancréatique, acide chlorhydrique dans la pepsine ; l'autre, le facteur organique, celui qui communique au ferment les réactions tantôt d'une albumine, tantôt d'un hydrate de carbone ou d'un lipoïde, ne serait bien souvent que la partie accessoire, le substratum ; il formerait dans la particule colloïdale le centre de la micelle, à la périphérie de laquelle viendraient se fixer les ions de la partie active. Les ferments voisineraient ainsi avec les catalyseurs colloïdaux inorganiques.— Une belle expérience de Dony-Hénault tend à le prouver : en dissolvant du formiate de manganèse dans une solution de gomme arabique, il a pu donner à ce catalyseur de constitution très simple, tous les caractères d'une oxydase.

Les vitamines, tout au moins celles qui nous sont le mieux connues, c'est-à-dire, les substances hydrosolubles B, antibéribériques, ont des propriétés physiques et chimiques qui ne permettent pas de les assimiler à la partie organique du ferment, car elles ne sont ni colloïdales, ni thermolabiles, et ont une constitution chimique probablement assez simple. Est-on en droit de se demander si

elles peuvent, dans l'action diastasique, jouer le rôle de coferment, d'activateur ? L'hypothèse serait purement gratuite, puisque nous ne connaissons ni le ferment qu'elles activent, ni la réaction qu'elles accélèrent. L'admettre, c'est ranger sans preuves les vitamines, malgré leur constitution organique, à côté des activateurs minéraux, HCl, NaCl, sels de Ca, de Mn, etc. ; ce serait leur enlever le caractère d'une certaine vitalité que veulent précisément leur attribuer beaucoup de ceux qui voient en elles des « substances-ferments ».

Ajoutons une dernière remarque. Les diastases sont extrêmement répandues dans la nature organisée, dans ce laboratoire prodigieux d'activité qu'est la cellule vivante, où elles sont les agents de toutes les transformations chimiques. Bien que nous n'ayons sur leur genèse que des données très vagues et fort incertaines, la manière rapide dont, bien souvent, elles apparaissent et se modifient semble indiquer, de la part de l'être vivant, une facilité très grande à les produire. Cela est vrai, non seulement chez les plantes où, par exemple, l'on assiste à leur apparition dans les graines au moment de la germination, mais aussi, quoique peut-être à un degré moindre, aux échelons supérieurs de la série animale. La réaction d'Abderhalden qui, en clinique, a été cause de tant de déboires et de si profondes désillusions, vient appuyer cette assertion. Les diastases seraient non seulement les agents du métabolisme normal, mais également un des moyens principaux de notre défense organique. Cette facilité avec laquelle, apparemment, les êtres vivants pourvoient à leurs besoins diastosiques, s'accorde sans peine avec la conception moderne, qui attribue aux ferments une complexité moins grande qu'autrefois ; mais elle est difficilement conciliable avec ce que nous savons des facteurs accessoires : l'absolue nécessité de ceux-ci dans les aliments témoigne de l'impossibilité où nous sommes de suppléer, par nos propres forces, à leur déficience alimentaire.

Faut-il dès lors — et c'est la seconde hypothèse des physiologistes — considérer les vitamines comme des éléments constructifs de la matière vivante à l'instar des acides aminés ? Entendons-nous. Il ne peut évidemment être question de faire concourir les vitamines à la synthèse de l'albumine somatique ; rien, toutefois, ne permet, à priori, de rejeter leur intervention dans d'autres constituants encore inconnus du protoplasme ou du noyau. Encore, la disproportion très grande de leur poids à celui de l'organisme dont elles assurent l'équilibre de nutrition, plaide-t-elle contre une semblable supposition. Aussi, peu de physiologistes penchent à l'admettre. Mais il est un autre rôle des acides aminés et peut-être aussi des vitamines. Il y a dans l'organisme des substances déversées dans le sang par les glandes à sécrétion interne, qui sont les excitants spécifiques d'autres fonctions. On les appelle les « hormones » (1). Leur importance apparaît de plus en plus grande dans le jeu des corrélations fonctionnelles. Deux de ces substances seulement ont une constitution chimique qui nous est connue, l'adrénaline des glandes surrénales et la thyroxine des glandes thyroïdes. Leur structure chimique est très voisine de celle de deux amino-acides de la molécule albumineuse, la tyrosine et le tryptophane. Aussi peut-on considérer ceux-ci comme apportant à nos cellules les noyaux carbonés nécessaires à l'élaboration de celles-là. Rien n'empêche, en élargissant la notion d'hormones, de façon à en admettre l'existence même chez les êtres les plus simples, monocellulaires, d'assigner un rôle identique aux vitamines. Elles agiraient sur le métabolisme cellulaire à la façon des produits des glandes à sécrétion interne, soit directement comme

(1) Les hormones ne sont pas des diastases. La notion d'hormone est essentiellement physiologique, celle de diastase exclusivement chimique ou physico-chimique. Les unes sont des excitants spécifiques de fonctions, les autres des accélérateurs spécifiques de réactions chimiques.

telles, soit en fournissant à l'organisme les matériaux indispensables à la synthèse des excitants spécifiques. Cette hypothèse est la plus attrayante quoique très lacunaire encore .

Bien d'autres théories ont été mises en avant à propos des facteurs accessoires, mais qui traduisent moins leur nature que les diverses modalités de leur activité. C'est la théorie de Uhlmann : il situe leur action dans le système nerveux parasympathique. C'est celle de Lumière : il les considère comme des excitants des glandes à sécrétion externe, chargés de maintenir le tonus des organes de la digestion. C'est Dutcher qui voit leur intervention dans la production des catalases. C'est Funk qui, se basant sur l'hyperglycénie et la diminution du glycogène hépatique des pigeons polynévritiques, les fait participer au métabolisme des hydrates de carbone. Nous ne nous arrêterons pas à la discussion de ces théories ; supposé même leur vérité, elles nous laisseraient sans explication sur la cause première des phénomènes.

CONCLUSIONS

Si l'on doit admettre aujourd'hui l'existence de facteurs accessoires, il faut cependant formuler, à l'égard de bien des faits, des réserves justifiées suffisamment par les nombreuses discordances dans l'ensemble des résultats expérimentaux et par les difficultés des essais d'alimentation synthétique. Une expérience n'a de complète valeur que si l'on tient en mains tous les fils qui la commandent. Le principe est vrai pour les sciences biologiques comme pour les sciences physico-chimiques, bien que les premières, parce qu'elles touchent à la vie, ne puissent prétendre à la même exactitude dans l'expérimentation que les secondes. Dans l'ignorance où nous sommes de l'ensemble de nos corrélations fonctionnelles, nous

cédons trop souvent à la tendance commune à toutes les époques de l'histoire des sciences naturelles : construire des systèmes de physiologie simplifiée, en faussant la logique de nos raisonnements. Si, aux difficultés techniques de la recherche, on ajoute l'exiguïté de nos connaissances touchant la nature chimique des facteurs accessoires, on aura les raisons sérieuses qui dictent la prudence vis-à-vis de ce qui se fait et se publie à propos des vitamines. Si l'on veut éviter les mécomptes et les désillusions, il faut ici, comme dans beaucoup d'autres choses, se garder des conclusions hâtives.

Cela dit, il est indéniable que l'entrée en jeu des facteurs de la croissance et de l'équilibre dans notre métabolisme nutritif, est en voie de modifier radicalement nos conceptions physiologiques de la nutrition et d'asseoir sur des bases nouvelles la pathologie des affections dyscrasiques et les règles diététiques de l'alimentation. Certes, chez nos populations européennes, habituées par instinct et par goût, plus que par raison, à introduire dans leur nourriture beaucoup de variété, le danger des avitaminoses n'est guère à redouter, si l'on excepte les périodes de cataclysme comme celle que nous venons de traverser, pendant laquelle se sont ajoutées aux horreurs de la guerre les souffrances d'une alimentation difficile et réduite. Il n'en va pas de même chez les enfants et les malades dont les régimes risquent souvent d'être faussés par un exclusivisme excessif. On devra, dorénavant, dans leur alimentation, tenir compte des exigences de l'organisme en vitamines au même titre que de ses besoins azotés.

La découverte des facteurs accessoires délimite le problème qualitatif de l'alimentation mais ne le résout pas entièrement. Il s'en faut de beaucoup. Un régime d'aliments purifiés n'est pas synonyme d'une alimentation dont tous les termes nous sont connus. Si les travaux récents de la biochimie ont permis l'ébauche d'une classi-

fication grossière des vitamines, ils nous laissent dans l'ignorance complète et de leur nombre et de leur nature. Les connaîtrions-nous qu'il resterait à démêler le morceau volumineux encore de la molécule protéïque qui échappe à l'analyse et qui forme la partie humique des produits d'hydrolyse. Ici, comme dans les autres parties de son domaine, la physiologie voit continuellement surgir devant elle de nouveaux problèmes et dans ceux-ci se multiplier le nombre des inconnues : le chemin qu'elle suit à la poursuite de la vérité, fait apparaître à chaque tournant une route toujours plus longue et plus rocailleuse.

F. Malengreau,
professeur à l'Université de Louvain.

Les Colloïdes

leur préparation et leurs propriétés optiques

§ I. — La notion de système colloïdal

Si une substance unitaire ou mixte, cristalline ou fluide, présente en tous ses points des propriétés identiques, elle est, par définition, *homogène*. Si au contraire nos moyens d'investigation nous permettent d'y reconnaître des éléments de volume, grands ou petits, dont les propriétés sont plus ou moins différentes, cette substance constitue ce que nous appelons un système *hétérogène*.

L'hétérogénéité peut se concevoir de deux manières : 1° Les propriétés varient d'un point à l'autre de manière *continue*. 2° Le système — traversé par des surfaces de séparation — peut être considéré comme formé par la juxtaposition d'un nombre fini de parties homogènes différentes. Dans ce cas, il peut se faire que plusieurs de ces parties, séparées par l'interposition d'autres parties, présentent néanmoins des propriétés identiques. Eu égard aux identités de cette sorte, on peut classer les parties d'un système hétérogène en un nombre d'espèces généralement inférieur au nombre des parties : Chaque espèce ainsi distinguée sera, par définition, une *phase* du système.

La rigidité de ces définitions géométriques convient mal aux objets naturels : en toute rigueur aucun corps n'est homogène. D'abord, toute portion de matière, même chimiquement pure, présente toujours une certaine hétérogénéité du premier type : ainsi la densité d'un fluide

placé dans un champ de gravitation est différente à chaque niveau. En outre, la couche superficielle de tout fluide présente des propriétés différentes de celles des couches intérieures. Cependant, si la masse considérée n'est pas excessive, et ne possède pas une extension trop grande suivant la direction du champ de gravitation, l'influence de ce dernier sur la densité est le plus souvent négligeable. De même, si la masse considérée n'est pas très petite et n'offre pas une surface d'un développement extraordinaire, les altérations dont la couche superficielle est le siège n'affectent qu'une partie infime de cette masse.

Quant à l'hétérogénéité du deuxième type, elle est postulée en dernière analyse par toute théorie moléculaire, mais sur une échelle le plus souvent si petite qu'elle échappe à toutes nos méthodes d'observation directe. Aussi considérons-nous comme homogènes à ce point de vue tous les corps purs et toutes les *solutions vraies* par définition de ces dernières. Par contre, les *suspensions* au sein d'un liquide d'une poudre insoluble, ou les *émulsions* formées par la dissémination en fines gouttelettes d'un liquide dans un autre liquide où il est insoluble, constituent des systèmes manifestement hétérogènes au deuxième sens du mot. Entre les solutions pratiquement homogènes et les systèmes dont l'hétérogénéité est évidente s'intercale une série continue d'intermédiaires dont la variété infinie est actuellement couverte par la dénomination de *Colloïdes*.

Cette définition est vague et purement négative. Les essais qui ont été faits pour lui substituer une définition positive applicable soit à tous les colloïdes, soit du moins à un groupe important de colloïdes, procèdent tous de quelque théorie générale ou particulière de la *structure* des systèmes en question. Peut-être exprimerait-on ce que ces théories très nombreuses et très diverses ont cependant de commun, en affirmant :

1° Que les systèmes colloïdaux sont tous réellement hétérogènes au deuxième sens et composés de deux phases.

2° Que les parties juxtaposées de ces deux phases sont — du moins pour l'une de celles-ci — tellement petites que leur discernement ne peut être fait par les meilleurs microscopes dont le pouvoir définissant s'arrête à environ $0{,}2\mu = 2 \times 10^{-5}$ cm.

3° Qu'enfin, et précisément à cause du grand développement des surfaces de séparation des deux phases, au sein des systèmes colloïdaux, ces derniers présentent aussi — à des degrés d'ailleurs variables — une hétérogénéité au premier sens.

Ce n'est qu'en sacrifiant la généralité que nous impose le terme de colloïdes que nous pourrions aller plus loin et ajouter des précisions concernant la forme des surfaces de discontinuité séparant les deux phases. C'est en effet sur des hypothèses particulières faites sur la forme de ces surfaces que se base en partie la distinction que l'on établit entre les *sols et* les *gels*. Si toutefois nous réservons la question si débattue de la structure des gels, nous pouvons dire que les systèmes colloïdaux à l'état de sols sont unanimement considérés comme résultant de la *dispersion de particules très petites d'une phase dans une autre phase dont les parties sont en continuité.*

On se trouve ainsi amené à considérer dans les colloïdes — ou *dispersoïdes*, suivant la terminologie heureuse introduite par P. v. Weimarn (*Grundzüge der Dispersoïdchemie*, 1911) — une phase dispersée et une phase *dispersante*. Cette dernière est le plus souvent liquide, mais sa viscosité, fort variable, se rapproche dans certains cas de celle des solides. D'après sa nature chimique, on distingue les *hydrosols* et les *organosols*.

Quant à la phase dispersée, elle peut être solide ou liquide. C'est même sur cette différence que quelques auteurs ont fait reposer la distinction entre les *suspensoïdes* et les *émulsoïdes* respectivement. Il semble en effet utile de distinguer deux groupes de colloïdes ; mais les caractères qui les opposent l'un à l'autre ne sont peut-

être pas assez tranchés pour découler d'une différence de constitutions aussi nette. Ainsi que Taylor (*The Chemistry of Colloïds*, 1920) s'efforce de le montrer, les propriétés des deux groupes — entre lesquels existent de nombreux termes de transition — peuvent peut-être se rattacher au degré d'affinite qui existe entre la phase dispersée et la phase dispersante. Lorsque cette affinité est faible, le dispersoïde est dit *lyophobe* (Perrin, Freundlich); lorsqu'elle est considérable, le dispersoïde est dit *lyophile*. Il est manifeste que le terme « affinité », appliqué ici aux rapports entre les deux phases d'un système colloïdal, est employé dans un sens forcément vague et différent d'un auteur à l'autre. Le plus souvent il ne s'agit pas de l'affinite qui mesure la stabilité des composés stœchiométriques, mais plutôt d'une adhésion ou, en termes plus modernes, d'un *pouvoir d'absorption*, qui détermine des combinaisons en proportions indéfinies. Peut-être la simple solubilité réciproque des deux phases conditionne-t-elle l'ensemble des proprietes qui caractérisent les lyophiles. Ces derniers seraient alors des systèmes binaires à deux phases, formés par deux constituants imparfaitement miscibles, tous deux representés dans les deux phases en proportions variables. Ainsi compris, les lyophiles ou émulsoïdes seraient intermédiaires entre les lyophobes ou suspensoïdes où la solubilité réciproque serait nulle, et les solutions véritables où elle est complète.

Un autre principe de classification générale des sols a été appliqué par R. Zsigmondy (*Kolloïdchemie*, 1920). Il offre l'avantage d'être essentiellement pratique, c'est-à-dire de ramener le classement de chaque cas particulier à une question expérimentale précise : Si à une autre température constante on évapore jusqu'à siccité une solution colloïdale, on obtient un résidu tantôt pulvérulent, tantôt gélatineux. Remis en contact avec le liquide dont il a été séparé par évaporation, ce résidu peut se comporter de deux manières : 1° Il se disperse *spontanément*, recon-

stituant ainsi le sol primitif (p. ex. la gomme arabique). 2° Il reste à l'état aggloméré et ne peut être remis à l'état de sol que par l'intervention de moyens indirects (p. ex. les métaux colloïdaux). Dans le premier cas il s'agit d'un colloïde *réversible* ou *résoluble*, dans le second cas d'un colloïde *irréversible ou irrésoluble*. L'application aveugle d'un critère aussi spécial, ne va cependant pas sans quelques inconvénients. Aussi, Zsigmondy lui-même y renonce-t-il pour la division générale de son traité. Sans compter que la réversibilité — définie comme il vient d'être fait — est souvent une question de temps, elle élève parfois des barrières artificielles entre sols tout semblables : alors que la plupart des sols métalliques laissent des résidus secs irrésolubles, l'eau reprend facilement les produits d'évaporisation des sels de palladium et d'argent préparés selon la méthode de Paals.

Pour rendre aussi clair et aussi bref que possible, l'exposé nécessaire de ces quelques notions générales, nous avons préféré la forme dogmatique. Tout le monde sait d'ailleurs que ce n'est pas ainsi que la notion de colloïdes fut introduite dans les sciences. Pour Graham, dont les célèbres expériences sur la dialyse furent publiées en 1861 et 1864, les colloïdes étaient définis et opposés aux cristalloïdes par le fait qu'ils ne traversaient pas certaines membranes et ne pouvaient être obtenus à l'état cristallin. Ces caractères avaient tellement frappé l'esprit de Graham, qu'il se plaisait à insister sur l' « abîme infranchissable » séparant, selon lui, les deux classes de corps.

De nos jours les expériences d'ultrafiltration fractionnée de Bechhold, ainsi que celles de von Weimarn, sur la cristallisation de nombreux colloïdes et l'obtention à l'état colloïdal de nombreux cristalloïdes, ont démontré la relativité des deux critères de Graham. Puisqu'une même substance peut former dans un dissolvant une solution véritable et dans un autre une pseudo-solution ou un sol ; puisqu'une même substance, dans un même milieu dis-

persant, peut d'après sa concentration être précipitée, tantôt à l'état de suspension cristalline, tantôt à l'état de gelée, il serait dangereux de parler désormais de tel ou de tel corps unitaire comme d'un colloïde ou d'un cristalloïde. En effet, les objets étudiés par Graham étaient des systèmes au moins binaires, c'est-à-dire comprenant au moins deux constituants. Leurs propriétés colloïdales n'appartenaient en propre ni à l'un ni à l'autre de ces constituants, mais tenaient à leur mode d'*association microhétérogène*.

§ II. — La préparation de quelques solutions colloïdales

L'état colloïdal étant caractérisé par un degré de dispersion intermédiaire entre la dispersion moléculaire ou ionique des solutions homogènes et la faible dispersion d'une suspension à hétérogénéité grossière, on peut a priori concevoir deux manières d'en approcher : 1° Par *condensation* de molécules primitivement dispersées en une solution vraie. 2° Par *dispersion* de molécules primitivement condensées en un état plus ou moins massif.

I. — Méthodes de condensation.

A. — L'étude rationnelle de ces méthodes se rattache à la théorie générale de la formation d'un précipité au sein d'une solution sursaturée. Ainsi que l'a montré von Weimarn, la description de ce dernier phénomène peut souvent se faire d'une manière assez adéquate en tenant compte surtout de deux facteurs : 1° le nombre N des centres de cristallisation qui se forment pendant l'unité de temps dans la solution considérée ; c'est-à-dire ce qu'on pourrait appeler la vitesse de condensation. 2° La vitesse V avec laquelle s'accroissent ensuite les germes cristallins une fois formés.

Soit S la solubilité, généralement faible, de la substance qui doit se précipiter. Soit C la concentration

totale de cette substance dans la solution avant toute précipitation. La différence D = C — S représente alors le degré de sursaturation absolu sous l'influence duquel la précipitation commence. Nous appellerons degré de sursaturation relatif et nous désignerons par R le rapport (C — S) /S.

Cela étant, la vitesse de condensation N dépend avant tout de la sursaturation relative. D'après von Weimarn, elle lui serait directement proportionnelle. Quant à la vitesse d'accroissement, elle serait — toutes choses égales d'ailleurs — proportionnelle à la sursaturation absolue. Si on suppose en effet que l'accroissement considéré se fait uniquement à partir des molécules réellement dissoutes et non par réunion de petits cristaux déjà formés, la vitesse de ce phénomène n'est que la vitesse de dissolution changée de signe. Or, les expériences classiques de Noyes et Withney sur l'acide benzoïque nous apprennent que la vitesse de dissolution d'un cristal est à chaque instant proportionnelle à la différence (S — C) entre la solubilité ou concentration de saturation et la concentration réelle.

Ces principes une fois posés, il semble légitime, d'après ce qui précède, de les appliquer à la formation d'un système colloïdal par une méthode de condensation. Pour que le précipité apparaisse avec un degré de dispersion colloïdale, il importe que le nombre N soit assez grand et la vitesse V assez petite, ou en d'autres mots que la sursaturation relative soit considérable et la sursaturation absolue pas trop forte.

Pour une substance très soluble, comme le sel de cuisine l'est par rapport à l'eau, cette double condition ne peut être réalisée. En effet, pour qu'une précipitation se produise, il faut que des germes se forment avec assez d'abondance, c'est-à-dire que R soit assez grand. Or, la solubilité S étant ici très notable, le rapport R ne peut être élevé que si le numérateur (C — S) exprimant la sursaturation absolue est lui aussi assez grand. Mais alors la

vitesse d'accroissement proportionnelle à (C — S) est telle que les particules dépassent très rapidement les dimensions colloïdales et apparaissent presque d'emblée sous forme de petits cristaux.

Par contre, si on opère dans un milieu où la solubilité S du $NaCl$ est assez faible, par exemple dans un mélange d'alcool amylique et d'éther, on parvient à réaliser un degré de sursaturation suffisant pour provoquer une formation abondante de centres cristallins, mais non pour permettre à ces cristaux de s'accroître rapidement. Dans ces conditions, le précipité de $NaCl$ obtenu présente des caractères nettement colloïdaux.

Une vérification intéressante de la théorie de von Weimarn est fournie dans le cas d'une substance peu soluble dans l'eau par le sulfate de baryum. Dans ces expériences, le $BaSO_4$ était produit en mélangeant des solutions également concentrées de $Ba(CNS)_2$ et de $MnSO_4$.

Pour des valeurs très faibles de R ($R < 3$) la séparation de $BaSO_4$ est très lente (elle peut prendre des années) et donne des cristaux assez considérables.

Pour $3 < R < 50$, il se produit une poudre de plus en plus fine, dont la structure cristalline est reconnaissable au microscope.

Pour $50 < R < 100.000$, on obtient des dépôts de plus en plus gélatineux, qui, d'après von Weimarn, seraient formés par des cristaux de dimensions ultramicroscopiques.

Pour $R > 100.000$, chaque goutte de la solution de $Ba(CNS)_2$ en tombant dans la solution de $MnSO_4$ se couvre d'une membrane gélatineuse. Il se produit ainsi une petite vésicule qui se gonfle et finit par éclater. Si on agite la solution, il se produit une gelée — d'ailleurs instable — qui se transforme peu à peu en précipité floculant.

Dans des conditions analogues on peut obtenir à l'état *passagèrement* colloïdal un grand nombre d'autres sels, soit dans l'eau, soit dans d'autres dissolvants.

Des études de ce genre, outre qu'elles contribuent à la systématisation de connaissances souvent empiriques dans le domaine des colloïdes, présentent un grand intérêt pratique, par exemple au point de vue des modes opératoires en analyse quantitative.

B. — Signalons maintenant le plus brièvement possible quelques-unes des préparations classiques qui donnent des hydrosols proprement dits d'une certaine stabilité.

Beaucoup de sulfures formés par l'action de H_2S sur les sels métalliques, peuvent affecter l'état colloïdal en milieu aqueux. Dans la préparation de As_2S_3 colloïdal, on fait simplement passer un courant d'H_2S par une solution froide d'As_2O_3 à 0,2 %. On obtient un liquide de transparence jaune, avec des reflets verdâtres. L'excès d'H_2S peut être repris par dialyse ou chassé par un courant d'hydrogène. Le HgS colloïdal s'obtient en traitant par H_2S une solution froide saturée (1,2 %) de $Hg(CN)_2$. L'acide cyanhydrique formé est chassé par distillation sous pression réduite.

Les réactions d'hydrolyse donnent lieu à des préparations non moins typiques. Un sol très stable de l'acide silicique a été obtenu par Grimaux en faisant bouillir sous un condenseur à reflux une solution aqueuse à 4 % de silicate de méthyle, et en se débarrassant ensuite par simple distillation de l'alcool méthylique formé. On se rappelle que Graham avait obtenu en 1861 l'hydrosol de l'acide silicique en traitant par un excès d'HCl une solution étendue d'un silicate alcalin et en éliminant ensuite $NaCl$ et l'excès d'HCl par dialyse à travers des membranes en parchemin. C'est par hydrolyse que l'on prépare également les sols d'un certain nombre d'hydroxydes métalliques, par exemple de ceux d'Al et de Fe.

Des solutions colloïdales de soufre étudiées dès 1848 étaient obtenues par Wackenroder et plus tard par Selmi en faisant réagir dans l'eau H_2S et SO_2. Plus récemment Raffo a préconisé l'action de l'acide sulfurique sur le

thiosulfate de sodium dans des conditions de concentration déterminées.

Un grand nombre de métaux donnent des solutions colloïdales par réduction de leurs sels. Les plus célèbres de ces suspensoïdes sont ceux des métaux rares. Nous ne pouvons énumérer les méthodes fort nombreuses qui ont été mises en œuvre ; signalons-en seulement deux applications classiques.

Pour préparer de l'or colloïdal, R. Zsigmondy prescrit de chauffer dans un vase en verre d'Iéna 120 cm^3 d'eau très pure, tout en y ajoutant successivement 1 cm^3 d'une solution à 1 % de chlorure aurique et 3 cm^3 d'une solution 1/5 N de K_2CO_3 très pur. Aussitôt que la solution bout, on la remue vivement et on y verse 2 à 3 cm^3 d'une solution très diluée (0,4 %) de formaldéhyde. On cesse alors de chauffer : la réduction est accomplie au bout d'une minute. Si on a bien opéré, le liquide obtenu est parfaitement limpide et présente une superbe coloration rouge.

Pour préparer de l'argent colloïdal d'après Carey Lea, on dissout 4 gr. de dextrine commerciale dans 100 cm^3 d'eau et on y ajoute 4 gr. de soude caustique très pure. Dans cette solution on verse ensuite une dissolution de 3 gr. d'$AgNO_3$ dans 20 cm^3 d'eau : il se forme tout d'abord un précipité d'oxyde d'argent que la dextrine réduit ensuite peu à peu. Après 20 à 30 minutes, on ajoute au mélange bien remué 100 cm^3 d'alcool à 96°. Après avoir laissé déposer pendant 1/4 d'heure, on décante aussi complètement que possible le liquide surnageant trouble. Le dépôt est formé par de l'argent colloïdal. En effet, lorsqu'on le couvre d'une quantité suffisante d'eau (environ 100 cm^3 pour les quantités employées) il ne tarde pas à s'y disperser en formant un hydrosol opaque de coloration brun foncé.

La sursaturation qui fait se séparer une phase de dispersion éventuellement colloïdale, peut parfois être provoquée par voie physique. La solution d'un corps A en

un dissolvant B est versée dans un liquide où le corps A est peu soluble. Le corps A se sépare et peut être obtenu à l'état colloïdal, si on opère dans des conditions appropriées. Supposons que l'on verse dans l'eau une solution alcoolique ou acétonique d'une résine, telle que le mastic ou la gomme-gutte ; le liquide laiteux que l'on obtient est une simple émulsion dont le degré de dispersion varie.

Le sélénium cristallisé est très légèrement soluble dans le sulfure de carbone. On en prépare une solution saturée à chaud (0.02 à 0.03 $^{o}/_{o}$) et on en verse quelques cm^3 dans un litre d'éther. On obtient un sol très dilué d'une belle coloration rose présentant des reflets métalliques.

Une méthode analogue a été appliquée à la préparation du soufre et du phosphore colloïdaux.

II. — *Méthodes de dispersion.*

Parmi ces méthodes, on pourrait ranger la reprise par la phase dispersante du résidu sec d'un colloïde réversible, de même encore le processus connu sous le nom de peptisation. Toutefois, ces phénomènes, pour autant qu'ils sont compris, ne le sont qu'à la lumière d'hypothèses concernant le mécanisme de la coagulation. Nous devrons y revenir.

Cela étant, nous n'avons à mentionner parmi les méthodes de dispersion que les méthodes électriques de Bredig et de Svedberg.

Si on plonge dans de l'eau très pure deux fils d'or de 1 mm. de diamètre, et si, entre ces fils servant d'électrodes, on fait jaillir sous l'eau un arc voltaïque de 1 à 2 mm., l'or se disperse en formant des nuages bleus ou rouges qui prennent naissance à la cathode. D'après les conditions opératoires et notamment d'après l'intensité du courant, on obtient ainsi soit des suspensions plus ou moins fines, soit des sols proprement dits. Ce fut cette expérience fondamentale de Bredig, répétée pour le platine, le palladium, l'iridium et l'argent, qui servit de point de départ aux

perfectionnements successifs apportés par Svedberg (*Die Methoden zur Darstellung kolloïder Losungen anorganischer Stoffe*, 1909).

Pour augmenter la surface active du métal à disperser, Svedberg le suspend dans le liquide sous forme de feuilles minces. Le courant amené par des électrodes en *Fe* ou en *Al* jaillit en étincelles nombreuses de l'une à l'autre de ces feuilles qu'entraîne un mouvement giratoire entretenu dans le liquide. Le courant est de très faible intensité. Il provient d'une bobine dont le circuit secondaire comprend un condensateur parallèlement au dispositif de dispersion.

Cette méthode a été appliquée à l'obtention à l'état colloïdal des métaux les plus divers dans les dispersants les plus variés. La plupart des organosols métalliques obtenus par la méthode électrique antérieurement à Svedberg, étaient souillés par des proportions notables de carbone provenant de la décomposition du liquide. Parmi les préparations les plus intéressantes de Svedberg, figurent les solutions colloïdales des métaux alcalins au sein de l'éther anhydre. Pour les obtenir, il faut le plus souvent opérer à basse température et en tout cas à l'abri de l'oxygène et de l'humidité dans des récipients bien fermés.

Le même physicien suédois a réalisé des expériences qui, généralisées, conduiraient sans doute à une méthode optique pour la préparation de certains sols.

Une feuille métallique étalée horizontalement et recouverte d'une couche d'eau ou d'alcool éthylique est exposée à une radiation intense riche en rayons ultraviolets. Peu à peu le métal se disperse en formant une solution colloïdale. Cette méthode a réussi pour l'argent, le plomb, l'étain et le cuivre, tandis que d'autres métaux, notamment l'aluminium, le platine et l'or s'y sont montrés insensibles.

§ III. — Caractères optiques des colloïdes

I. — *Étude macroscopique. Phénomène de Tyndall.*

La plupart des solutions colloïdales placées entre l'œil et une source lumineuse paraissent parfaitement limpides. Quelques-unes montrent les colorations les plus vives. Ainsi les sols d'or sont d'un pourpre intense, ceux des sulfures d'arsenic ou de cadmium sont jaunes.

Lorsqu'on les regarde suivant une direction perpendiculaire à la direction des rayons lumineux qui les traversent, ceux-ci marquent leur trajet par une illumination diffuse. Déjà Tyndall avait interprété cet effet dans le cas de l'atmosphère comme une preuve d'hétérogénéité. La théorie du phénomène se rattache à celle de la diffraction. Elle fut faite par Rayleigh : toutes choses égales d'ailleurs, l'intensité de la lumière diffractée est en raison directe du nombre des particules rencontrées et du carré de leur volume, mais en raison inverse de la quatrième puissance de la longueur d'onde. C'est ce qu'exprime la formule $I = knv^2/\lambda^4$.

Les rayons à faible longueur d'onde sont donc incomparablement plus diffractés que les autres. C'est ce qui explique que, du moins dans les colloïdes dont la coloration propre n'est pas fort accentuée, la lumière de Tyndall est toujours bleuâtre. Une autre particularité de cette lumière et qui la distingue de la fluorescence, est le fait qu'elle est polarisée dans un plan normal à la direction du rayon primaire. L'étude quantitative du phénomène de Tyndall a été poussée fort loin.

A notre point de vue, la conclusion de nombreuses expériences est que, si le phénomène de Tyndall se produit dans tous les systèmes colloïdaux, il ne peut cependant pas être considéré comme leur caractéristique. D'une part on sait depuis longtemps que des émulsions et en général les systèmes dispersés dont les granules sont de l'ordre

des grandeurs des longueurs d'onde ordinaires le présentent également. D'autre part — c'est ce que les recherches plus récentes ont démontré — beaucoup de solutions de corps à poids moléculaires considérables manifestent elles aussi très nettement le phénomène de Tyndall ; cependant tout l'ensemble de leurs propriétés les sépare des systèmes colloïdaux et les rattache aux solutions vraies. Tel est, par exemple, le cas du sucre de canne. Bien plus, il est extrêmement difficile d'obtenir, et il est douteux que l'on ait jamais obtenu, des solutions ou même des liquides purs méritant le qualificatif d'*optiquement vides*, c'est-à-dire ne révélant aucun degré de diffraction aux méthodes les plus sensibles. Après avoir défini les colloïdes comme des termes de transition entre les solutions et les systèmes grossièrement hétérogènes, nous ne pouvons nous étonner de trouver si peu précises les limites entre ces différentes classes.

II. — *Étude microscopique des systèmes colloïdaux.*

Ainsi que nous l'avons déjà fait observer, un objet cesse d'être visible aux meilleurs microscopes lorsque ses dimensions sont inférieures à environ $2 \cdot 10^{-5}$ cm, soit 0,2 μ. C'est là une limite que non seulement il a été impossible de franchir en pratique, mais que les théories de la lumière semblent imposer.

En étudiant les images réelles produites dans le tube d'un microscope par des réseaux très fins gravés sur verre, Abbe a pu établir que la limite de visibilité dans les conditions les plus favorables d'éclairement oblique était donnée par $l = \lambda / 2A$. Dans cette formule λ représente la longueur d'onde, soit 0,589 μ, pour la lumière jaune de la raie D du sodium, tandis que l'ouverture numérique A est, par définition, le produit $i \sin \alpha$. Les facteurs de ce dernier i et $\sin \alpha$ sont respectivement l'indice de réfraction du milieu où plonge l'objet observé et le sinus de l'angle que forme avec l'axe du microscope un rayon allant de l'intersection de cet axe avec l'objet vers un point

de la circonférence de l'objectif. En immersion homogène, la limite supérieure de n est atteinte : elle est égale à l'indice de réfraction du verre, soit au maximum 1,6. Le sinus de l'angle α ne peut évidemment pas dépasser l'unité, en sorte que nous obtenons comme valeur minimum de l :

$$l = \frac{\lambda}{2A} = \frac{\lambda}{2 \times n \times \sin \alpha} = \frac{0,589}{2 \times 1.6 \times 1} = 0.17\ \mu.$$

De ce que les vrais colloïdes paraissent homogènes au microscope, nous pouvons donc conclure que leurs particules sont certainement plus petites que 0,2 μ. De telles particules ont été appelées par Siedentopf *ultra-microscopiques* et classées par Zsigmondy en deux groupes importants : le premier comprend les « *submicrons* » trop petits pour être vus au sens propre du mot, c'est-à-dire sous les espèces d'une image ressemblante, mais dont certains dispositifs, que nous décrirons, peuvent cependant nous donner par voie indirecte une perception individuelle. Le second groupe comprend les « *amicrons* » échappant à toute espèce de perception individuelle, même indirecte.

Cette classification, comme on voit, est basée sur les limitations que comporte à son tour une méthode optique plus puissante que la microscopie à laquelle cependant elle se rattache étroitement.

III. — *Étude ultramicroscopique.*

A. Cette méthode est basée sur la constatation que la lumière émise ou reflétée par un objet se détachant sur un fond noir, peut être transmise par le microscope avec une intensité suffisante pour impressionner notre rétine, alors même que cet objet serait trop petit pour produire dans le tube de l'instrument une *image* réelle de son contour. Ce fait est d'ordre expérimental. Sans essayer de l'expliquer, faisons simplement remarquer qu'il ne contredit en rien la théorie d'Abbe sur la visibilité microsco-

pique. Cette théorie en effet ne s'applique qu'à des objets opaques interposés sur le trajet de rayons lumineux qui proviennent d'une source étrangère et pénètrent dans l'objectif. Ici au contraire il est question seulement d'objets ou bien lumineux par eux-mêmes, ou bien réfléchissant des rayons interceptés dans un faisceau dont les autres rayons ne pénètrent pas dans le microscope. Comme il est évidemment impossible de rendre lumineuses par elles-mêmes les particules colloïdales, le moyen de leur communiquer une visibilité ultramicroscopique sera de les éclairer latéralement par des rayons dont le prolongement n'aboutit pas aux lentilles. Ce but peut être atteint de différentes manières, dont chacune définit un dispositif ultramicroscopique d'un genre distinct.

Dans l'ultramicroscope de Siedentopf et Zsigmondy, un faisceau lumineux provenant d'une source très puissante (lampe à arc, héliostat) est concentré dans une cuvette minuscule en quartz renfermant la solution à examiner, de manière à produire au sein de celle-ci l'image très petite d'une fente que les rayons lumineux ont préalablement traversée. Cette image est observée par un microscope ordinaire dont l'axe est dirigé perpendiculairement à celui du faisceau éclairant. La couche ainsi éclairée présente une épaisseur de quelques μ.

Le dispositif de Cotton et Mouton, dans sa modification la plus récente, ne se différencie du microscope ordinaire que par la forme du condenseur. Celui-ci est composé de pièces transparentes taillées de manière à changer la direction des rayons lumineux de la source éclairante et à les condenser dans la solution colloïdale, tout en leur donnant une direction très oblique par rapport à l'axe du microscope.

B. Ces indications sommaires des procédés de l'ultramicroscopie nous semblaient nécessaires pour permettre une juste appréciation de la portée des résultats recueillis par cette méthode.

Les solutions colloïdales qui ne sont pas très diluées présentent un champ ultramicroscopique parfaitement homogène, éclairé d'une lumière diffuse dont la rotation d'un nicol permet de reconnaître la polarisation. Les aspects observés ne présentent donc rien de neuf et se rattachent, en somme, au phénomène de Tyndall.

Il en est tout autrement pour des dilutions extrêmes, par exemple de 0,001° ₀. On distingue alors dans un bon nombre de sols (dont les particules désormais sont en moyenne distantes entre elles de plus de 0.2 μ) un grouillement de points lumineux, parfois colorés, scintillant sur un fond noir et se mouvant, rapides et capricieux, comme on voit danser la poussière dans un rayon de soleil. Ces points, ou plutôt ces petits disques, ont souvent un diamètre inégal, et leur vitesse de translation semble être en raison inverse de leur grandeur. Si on essaie de les suivre, on s'aperçoit qu'ils décrivent une ligne brisée. Il en est qui traversent le champ ultramicroscopique en quelques rapides zigzags; d'autres, que le hasard maintient plus longtemps dans ce champ, y exécutent des détours compliqués, aux angles brusques et reviennent sur eux-mêmes, à peu près comme volent les mouches.

Si on admet que chaque point de lumière correspond à un submicron, que tous les submicrons sont visibles, de même grosseur et de forme sphérique, qu'enfin leur densité est celle de la même substance à l'état massif, on peut évidemment, en comptant dans un sol de concentration connue le nombre moyen des submicrons présents dans un petit volume, arriver à une idée approximative de la grosseur de ces submicrons (1).

(1) Soit p le poids de matière dispersée dans un certain volume, n le nombre de particules dans ce volume, δ leur densité et r leur rayon; nous aurons :

$$p = n \times \delta \times \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$r = \left(\frac{3p}{4\delta n \pi}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Cette méthode et plusieurs autres ont fourni ce résultat que les submicrons les plus petits ont des diamètres jamais inférieurs à quelques $\mu\mu$ ($1\mu\mu = 10^{-7}$ *cm*) (On estime le diamètre des molécules à une fraction de $\mu\mu$.)

Il est important d'observer que cette limite est fort variable suivant la nature des particules observées. Elle répond à peu près à la valeur indiquée pour les submicrons particulièrement visibles des hydrosols de certains métaux tels que l'or. Elle est beaucoup plus élevée et peut même se confondre avec la limite de visibilité microscopique pour un grand nombre de colloïdes organiques. C'est ainsi que, d'après la plupart des observateurs, une solution colloïdale d'amidon même très diluée ne révèle aucune espèce de discontinuité au microscope. D'après les définitions, elle ne renferme donc que des amicrons. D'autre part, il est probable que ceux-ci sont pourtant beaucoup plus gros que des particules se classant parmi les submicrons dans les sols métalliques, où les conditions de visibilité sont plus favorables. Les termes amicrons et submicrons sont donc purement *relatifs* et n'impliquent en général aucune indication précise sur le diamètre des particules.

Le dénombrement des granules ultramicroscopiques fait forcément abstraction de leur état d'agitation. Ce dernier présente cependant un intérêt théorique considérable.

Chacun sait en effet que dès 1827 le botaniste Brown, en étudiant au microscope des grains de pollen fort petits en suspension aqueuse, avait remarqué que ces grains exécutent — sans jamais s'arrêter — des oscillations irrégulières et de petite amplitude autour de leur position moyenne. Il en est de même pour toutes les particules microscopiques assez petites en suspension dans n'importe quel liquide pas trop visqueux. Le mouvement brownien est d'autant plus vif qu'il affecte des particules plus petites. Pour des dimensions dépassant 10 μ, il devient

en général imperceptible. Les expériences classiques de Gouy ont en outre prouvé qu'il est indépendant de toutes les causes extérieures qu'on serait tenté de lui assigner, telles que les trépidations du microscope et la convection thermique.

D'autre part, la théorie cinétique admet que les fluides sont des assemblages de molécules relativement distantes entre elles, animées d'une énergie cinétique de translation qui dépend de la température du fluide.

Entre le mouvement brownien *observable* à l'échelle des suspensions microscopiques et l'agitation *hypothétique* des molécules encore bien plus petites que les moindres submicrons, le mouvement de ces derniers ne constitue-t-il pas un intermédiaire ? La plupart des auteurs semblent de cet avis, et l'appellation de mouvement brownien primitivement réservée aux oscillations des particules microscopiques est aujourd'hui couramment employée pour désigner les translations beaucoup plus étendues et plus rapides des submicrons. Ainsi se trouve justifiée une fois de plus notre définition des colloïdes comme une série de termes de transition entre les systèmes visiblement hétérogènes et les solutions véritables. Nous ne saurions trop insister sur ce point de vue dont la fécondité est démontrée d'une manière éclatante par les belles expériences de J. Perrin (1).

(1) Lire à ce sujet l'excellent exposé que cet auteur a donné dans son petit livre sur *Les Atomes*. Paris, 1913.

Nous ne pouvons ici suivre d'une manière rigoureuse les déductions mathématiques sur lesquelles Einstein fonde sa théorie. Cependant quelques calculs très simples nous permettent de comprendre au moins la marche des raisonnements.

Considérons une solution vraie, renfermée dans un cylindre horizontal dont la section soit égale à l'unité de surface et supposons que la concentration de cette solution croisse régulièrement de gauche à droite. Considérons en outre deux plans rapprochés MM′ et NN′ perpendiculaires à l'axe du cylindre. Appelons x la distance de NN′ à la base gauche du cylindre et dx la distance de MM′ à NN′. Le volume de la tranche cylindrique comprise entre NN′ et MM′ est

Ces expériences ne peuvent s'interpréter qu'à la lumière de la théorie de Einstein relative aux phénomènes de diffusion.

Cette théorie conduit à une relation entre le déplacement moyen Δ des molécules suivant une certaine direction pendant le temps θ, le produit RT de la constante des

donné par $1 - dx$. Soit p la pression osmotique de la solution à gauche de NN' et p' la pression osmotique à droite de MM'. La différence $p'-p$ peut être représentée par dp et exprime la poussée que subit de droite à gauche le corps dissous dans la tranche NN'M'M. Appelons s le nombre de molécules-grammes de corps dissous dans l'unité de volume d'une solution aussi concentrée que l'est en moyenne la portion comprise entre les deux plans NN' et MM'. Il est clair que le nombre des molécules-grammes dans le volume dx sera alors donné par sdx et le nombre des molécules par $Nsdx$, en désignant par N le nombre absolu des molécules qui forment une molécule-gramme. Pour obtenir la poussée f subie de droite à gauche par une molécule isolée du corps dissous dans NN'M'M, nous avons à diviser la poussée totale dp exercée sur NN'M'M par le nombre des molécules renfermées dans cet espace :

$$f = \frac{dp}{sdxN}$$

Comme le corps dissous suit les lois des gaz (Van t'Hoff), nous avons $p = s$ RT et nous pouvons donc écrire :

$$f = \frac{RT}{sN} \frac{ds}{dx}$$

La vitesse v avec laquelle une molécule se déplace de droite à gauche est proportionnelle à la force f qui la sollicite et en raison inverse des résistances de frottement que lui oppose le milieu. Nous pouvons donc écrire en mesurant de façon appropriée les résistances de frottement ρ :

$$v = \frac{RT}{sN\rho} \frac{ds}{dx}$$

ou encore,

$$\frac{vs}{\frac{ds}{dx}} = \frac{RT}{N\rho} \qquad (1)$$

Dans cette expression cherchons la signification de vs. Ainsi qu'il résulte de la notion même de vitesse, pendant un temps égal à l'unité une section LL' comprise entre MM' et NN' est traversée par toutes les molécules qui au début de ce temps se trouvaient à droite de

gaz parfaits par la température absolue, la constante N d'Avogadro et la résistance de frottement ρ que le milieu oppose au déplacement des molécules :

$$\frac{\Delta^2}{2\theta} = \frac{RT}{N\rho}$$

Cette équation est le point de départ de la généralisation faite par Perrin.

LL' à une distance inférieure à la longueur v. On peut donc dire que toutes les molécules d'une tranche cylindrique d'épaisseur v traversent LL' en l'unité de temps. Mais l'épaisseur v représente un volume v, et s est le nombre de molécules-grammes dans l'unité de volume. Il est donc clair que vs est le nombre des molécules-grammes dissoutes qui traversent LL' de droite à gauche pendant l'unité de temps.

D'autre part, le dénominateur $\frac{ds}{dx}$ exprime la variation de la concentration moléculaire par unité de longueur mesurée suivant l'axe du cylindre. C'est ce qu'on appelle le *gradient* de la concentration.

Il est maintenant aisé de voir que le premier membre de l'équation (1) est le nombre de molécules-grammes dissoutes qui traversent pendant l'unité de temps la section droite LL' du cylindre sous un gradient de concentration moléculaire égal à l'unité. C'est ce nombre que nous appellerons le *coefficient de diffusion* et que nous désignerons désormais plus simplement par la lettre D. La formule (1) devient donc :

$$D = \frac{RT}{N\rho} \qquad (1\ bis)$$

Cherchons une deuxième expression de ce coefficient de diffusion en suivant le raisonnement fort simplifié qu'Einstein lui-même indique :

Considérons comme précédemment un cylindre de section égale à l'unité et renfermant une solution dont la concentration moléculaire croît de gauche à droite avec un gradient égal à $\frac{ds}{dx}$. Au voisinage de la section droite LL' considérons une molécule dissoute. Supposons que les mouvements exécutés par cette molécule conformément à la théorie cinétique puissent être suivis par un procédé quelconque. Notons la position d'une molécule à un moment donné, puis au bout d'un temps θ repérons la position, généralement différente, occupée par la même molécule. Le chemin total parcouru entre les deux positions peut être fort compliqué et comporter de multiples détours. Nous ne considérerons que la droite joignant les positions au début et à la fin du temps θ. Nous ne considérerons même que la projec-

S'il est vrai, comme l'étude des solutions colloïdales semble le suggérer, qu'il existe tous les intermédiaires entre les molécules dissoutes au sens propre du mot et les granules visibles au microscope, il est probable que le mouvement brownien des seconds doit obéir à la même loi que le cinétisme des premières. Nous pourrions donc appliquer telle quelle l'équation indiquée au mouvement brownien de particules microscopiques.

Des suspensions de gomme-gutte furent préparées par

tion de cette droite sur l'axe du cylindre. Ces projections étant déterminées pour un grand nombre de molécules, nous pouvons calculer leurs valeurs moyennes Δ que nous appellerons le déplacement moyen pendant le temps θ. Considérons à droite et à gauche de LL' des tranches cylindriques d'épaisseur (et par conséquent de volume) Δ. Soit s_2 la concentration moléculaire moyenne de la tranche située à droite et s_1 la concentration moyenne de la tranche située à gauche. Comme les déplacements livrés au hasard ont lieu aussi bien vers la droite que vers la gauche, le nombre des molécules-grammes de la tranche située à droite qui atteindront et traverseront le plan LL' de droite à gauche pendant l'unité de temps sera seulement de $\frac{\Delta}{2} \times \frac{s_2}{\theta}$. Le molécules-grammes qui traverseront LL' de gauche à droite seront au nombre de $\frac{\Delta}{2} \times \frac{s_1}{\theta}$. Au total $\frac{\Delta}{2\theta}(s_2 - s_1)$ molécules-grammes auront traversé LL' de droite à gauche.

Si nous faisons $dx = \Delta$ et si nous désignons $s_2 - s_1$ par ds, nous pouvons donc exprimer le nombre des molécules-grammes qui pendant l'unité de temps traversent LL' de droite à gauche par :

$$\frac{\Delta}{2\theta}(s_2 - s_1) = \frac{\Delta^2}{2\theta} \frac{ds}{dx}$$

En divisant par le gradient de la concentration, nous obtenons une deuxième expression du coefficient de diffusion, à savoir :

$$D = \frac{\Delta^2}{2\theta} \qquad (2)$$

En égalant (1 bis) et (2) nous arrivons à la relation fondamentale :

$$\frac{\Delta^2}{2\theta} = \frac{RT}{N\rho} \qquad (3)$$

Perrin et observées au microscope dans des conditions permettant de déterminer *directement* le déplacement moyen Δ des granules pour un temps θ. D'autre part, Perrin démontra expérimentalement que la résistance de frottement ρ opposée par un liquide de viscosité N à des granules de rayon r obéit à la loi de Stokes et est donc donnée par $6\pi rn$. En introduisant cette valeur de ρ dans l'équation précédente et en transformant légèrement celle-ci, nous obtenons donc finalement :

$$N = \frac{\theta RT}{3\Delta^2 \pi r}.$$

Si, comme le faisait Perrin, on étudie dessus pensions de granules dont les rayons r sont bien égaux et bien déterminés, le second membre de cette équation ne renferme que des grandeurs accessibles à l'expérience. Le premier membre de cette même équation est la grandeur N formant la constante d'Avogadro, c'est-à-dire le nombre absolu des molécules dans la molécule-gramme.

Par cette méthode Perrin a obtenu pour N des valeurs voisines de 7×10^3. Le fait que ce résultat concorde d'une manière surprenante avec les valeurs de N calculées, soit par Perrin, soit par d'autres, en suivant plusieurs méthodes basées sur des principes entièrement différents, prouve d'une manière éclatante qu'il est légitime de considérer le mouvement brownien des granules microscopiques et aussi, par conséquent, celui des submicrons colloïdaux comme étant *de même nature* que le mouvement moléculaire admis par les théories cinétiques.

Au point de vue de l'étude des colloïdes, cette conclusion est grosse de conséquences. En effet, s'il est légitime de considérer chaque particule ultramicroscopique comme une grande molécule, le poids des particules d'une substance dispersée à l'état colloïdal peut être déterminé de la même manière que le poids moléculaire d'une substance

dissoute, par la mesure de l'abaissement cryoscopique. Celui-ci étant le plus souvent très faible dans les sols proprement dits, on peut conclure que le poids des particules d'un sol est énorme par rapport au poids des molécules ordinaires. Les difficultés expérimentales sont ici extrêmes, et il convient de ne considérer les chiffres suivants que comme des valeurs grossièrement approchées.

Substance dispersée dans l'eau	*Poids moléculaire*
Albumine	11.000
Gélatine	36.000
Amidon ioduré	34.000
Dextrine	1.000
Gomme arabique	2.400

IV. *La détermination des caractères cristallographiques et de la grosseur des submicrons par les rayons X.*

Cette méthode assez récente, qui a déjà donné d'importants résultats entre les mains de Scherrer, est une variante de la méthode générale des Bragg (1) basée sur la « réflexion » des rayons X monochromatiques. Son principe est dû à Debye et Scherrer (Physik. Zeitschr., 17-277, 1916). Elle se distingue de la méthode des Bragg en ce qu'elle n'exige pas de cristaux bien formés, mais au contraire une poudre cristalline très fine dont les particules peuvent même être de dimensions ultramicroscopiques. De là son applicabilité à l'étude des colloïdes.

Supposons qu'un amas de très nombreux petits cristaux, dont l'orientation est livrée au hasard, soit placé sur le trajet d'un faisceau de rayons X : nous savons que ceux-ci, tout en obéissant en quelque sorte aux lois de la

(1) Lire à ce sujet l'intéressant article de M. De Smedt dans la Revue des Questions scientifiques, avril 1920.

réflexion ordinaire, sont cependant éteints par l'interférence, sauf dans certaines directions (1).

Dans le grand nombre des particules cristallines orientées au hasard, il s'en trouve toujours quelques-unes dont les plans réticulaires d'une espèce donnée font avec la direction des rayons X un angle favorable. Ces rayons seront donc réfléchis sans extinction en subissant par rapport à leur direction primitive une déviation constante (2). Comme les particules favorablement orientées sont réparties systématiquement par rapport à l'axe des rayons X, les rayons déviés d'un même angle formeront une nappe conique. Comme dans tout cristal existent plusieurs espèces de plans réticulaires capables de réfléchir les rayons X, et qu'en outre les réflexions subies sur un même plan peuvent être de différents ordres, (3) on conçoit qu'il se forme ainsi un grand nombre de nappes coniques concentriques, dont l'exploration se fait de plus en plus facilement par radiographie dans un plan perpendiculaire à leur axe. Les anneaux concentriques, alternativement clairs et obscurs, obtenus de la sorte, ont des *rayons*, des *intensités* et des *largeurs* caractéristiques de la poudre cristalline interposée. La théorie montre que les données recueillies de la sorte permettent non seulement de reconnaître le système cristallin auquel appartient la substance étudiée et de déterminer le paramètre de son réseau, mais même de calculer avec précision les dimensions des particules cristallines.

(1) Ces directions sont indiquées par la relation : $n\lambda = 2\,d \sin \varphi$, où φ désigne l'angle complémentaire de l'angle d'incidence des rayons, λ la longueur d'onde des rayons X, d la distance entre deux des plans réticulaires d'une espèce donnée sur lesquels se fait la réflexion et n un nombre entier.

(2) Pour un angle complémentaire de l'incidence la déviation est 2φ.

(3) Suivant la valeur du nombre n.

En appliquant cette méthode à une solution d'or colloïdal préparée par Zsigmondy, Scherrer a pu conclure que les submicrons de ce sol sont de tout petits cristaux cubiques dont l'extension linéaire serait de 1,6 μμ. Ce chiffre concorde très bien avec celui obtenu par l'étude de la pression osmotique de la même solution.

W. Mund,
Chargé de cours
à l'Université de Louvain

La signalisation
de
nos Chemins de fer

Le soir, aux abords d'une station importante, des feux de toutes couleurs se superposent et s'alignent en grand nombre à l'entrée ou à la sortie des voies. On peut se demander à quelles règles répond l'établissement de toutes ces lumières, et quelle indication chacune d'elles donne aux machinistes. Comme les Belges sont un peuple très voyageur, la signification de tous ces feux, comme aussi de toutes les palettes, disques et autres signaux de jour le long des chemins de fer, peut présenter quelque intérêt. C'est ce qui nous a amené à présenter l'exposé qui va suivre.

La question de la signalisation est des plus importantes au point de vue de la sécurité et de la régularité de la marche des trains. Elle a subi, depuis quelques années, des modifications profondes, en passant par divers stades, que nous examinerons successivement.

Les signaux sont des appareils optiques, soit *mobiles*, c'est-à-dire déplaçables, comme des drapeaux et des lanternes à main, soit *fixes*, c'est-à-dire fixés à demeure dans le sol, comme les sémaphores et les signaux à voyant rond ou rectangulaire, et qui sont destinés à indiquer au machiniste d'un train s'il doit s'arrêter ou marcher à vue, ou s'il peut passer en vitesse.

I. — Signaux mobiles

Les signaux mobiles sont, le jour, actuellement, des drapeaux rouges, jaunes ou verts. Ils commandent respectivement l'arrêt, le ralentissement ou le passage en vitesse. La nuit, ils sont remplacés par des lanternes à feu rouge, jaune ou vert suivant les cas.

Ce genre de signaux n'est en usage que pour commander les manœuvres dans les stations, ou en cas d'accident en pleine voie pour couvrir un train arrêté, en cas de rupture d'attelage et d'une manière générale pour remplacer un signal fixe.

Un petit code de signaux mobiles règle l'utilisation de chacun d'eux dans chaque cas particulier. C'est ainsi, par exemple, qu'une rupture d'attelage constatée par un agent de la voie au passage d'un train, s'indique par un feu vert agité de manière à attirer l'attention du personnel du train.

L'emploi du feu jaune et des drapeaux tant jaunes que verts est d'ailleurs tout récent. Primitivement, le signal mobile de passage n'existait pas, et le ralentissement était signifié la nuit par le feu vert et le jour par le drapeau blanc. C'était parfaitement illogique, parce que, comme nous le verrons plus loin, le feu vert était employé dans les signaux fixes pour indiquer le passage. Nous avons personnellement, avant la guerre, signalé à plus d'une reprise cette anomalie à l'Administration supérieure, mais ce n'est que récemment qu'on y a porté remède.

Disons, pour terminer ce qui a trait à ce genre de signaux, que souvent, dans les stations, on remplace les drapeaux rouges par de petites plaques rectangulaires en tôle, peintes en rouge et fixées sur une tige qu'on plante dans la voie. Ces plaques sont mieux visibles que les drapeaux dont l'étoffe pend le long du bâton ; elles se conservent aussi beaucoup plus longtemps.

II. — Signaux fixes (voir fig. I)

Il existe différentes espèces de signaux fixes, qui ont chacun leur signification et leur forme propre. Ils se placent toujours à gauche de la voie à laquelle ils se rapportent, sauf dans le cas où la place fait défaut. Nous allons les examiner successivement.

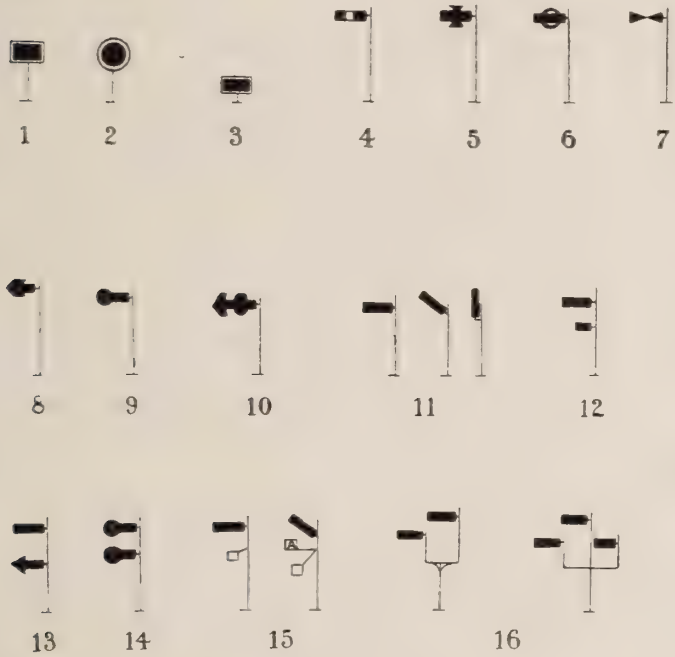

Figure I.

Signal à distance. — C'est un voyant rectangulaire dont la face tournée vers le train est peinte en rouge avec un liséré blanc à son pourtour. La face opposée est peinte en blanc avec un bord noir. Ce voyant, fixé sur un axe vertical mobile, peut occuper deux positions : l'une perpendiculaire à la voie, position dans laquelle il commande l'arrêt ; l'autre parallèle à la voie, auquel cas il autorise le passage.

Les couleurs des feux sont le rouge pour l'arrêt et le vert pour le passage. L'inconvénient de ce signal, c'est qu'il ne donne, pendant le jour, pour le passage, qu'une indication négative. C'est, somme toute, l'absence de signal, puisqu'on n'en voit plus que la tranche, qui autorise le passage.

Disque d'arrêt. — Ce signal est tout à fait du même genre que le précédent, comme construction. La seule différence réside dans la forme du voyant qui est circulaire au lieu de rectangulaire. Le disque d'arrêt a également la face tournée vers le train peinte en rouge avec liséré blanc et dans cette position commande l'arrêt. Dans la position opposée il montre sa tranche et autorise le passage. Les couleurs des feux sont les mêmes que pour le signal à distance. Ils présentent le même inconvénient que lui.

Ces deux genres de signaux sont les plus anciens qui existent. Le premier est destiné peu à peu à disparaître de nos lignes. Le deuxième ne sera maintenu que pour commander la sortie de voies secondaires, de raccordements privés, etc.

Signal à fleur de sol. — C'est un signal du genre de ceux ci-dessus, comportant un petit voyant rectangulaire peint en rouge mais établi à fleur de sol, comme son nom l'indique, par suite du manque de place entre deux voies contiguës. Il a la même signification et les mêmes feux que le disque d'arrêt.

Sémaphores. — Le sémaphore est un mât portant un bras ou une palette mobile autour d'un axe horizontal. La palette se profile à gauche du mât pour le train auquel elle commande. Elle peut occuper, suivant le cas, deux ou trois positions.

Sur la plupart des lignes, les palettes de sémaphore ne peuvent encore actuellement occuper que deux positions :

l'une horizontale, l'autre inclinée à 45 degrés vers le haut. On a, en effet, abandonné l'usage de la palette s'inclinant à 45 degrés vers le bas, afin de toujours être sûr qu'en cas de rupture du fil de commande, la palette retombera par son propre poids à la position horizontale d'arrêt.

Suivant leur signification et leurs fonctions, les palettes des sémaphores se présentent sous les formes suivantes :

La *palette ordinaire d'arrêt* a la forme d'un rectangle allongé dont la face tournée vers le train est peinte en rouge avec une raie verticale blanche. La face arrière est blanche avec une raie noire.

Dans les grandes gares, on a parfois besoin d'indiquer au machiniste la fin de l'itinéraire qui lui a été donné et qu'il a à parcourir. On emploie dans ce but la palette d'arrêt agrémentée d'un I transversal peint en noir. C'est la *palette fin d'itinéraire.*

La *palette de garage direct* autorisant l'entrée sans rebroussement dans un faisceau ou sur une voie de garage, a la forme de la palette d'arrêt ornementée d'une couronne peinte en noir.

La *palette de rebroussement* a la forme de deux triangles accolés par la pointe et commande le rebroussement à contrevoie sur une voie principale.

Enfin la *palette de manœuvres* est une palette rectangulaire de dimensions plus petites que les précédentes et qui se place toujours au-dessous des grandes palettes. Elle commande les manœuvres ou les garages par rebroussement.

Toutes ces palettes commandent l'arrêt dans la position horizontale et autorisent le passage dans la position inclinée.

La *palette avertisseur* a la forme d'un rectangle, terminé par une flèche, peint en jaune avec deux raies noires transversales en flèche également. Elle répète à distance les indications d'une palette d'arrêt. Franchissable à l'arrêt, elle commande le ralentissement dans la position horizon-

tale et autorise le passage à vitesse normale dans la position inclinée.

Pour signaler au machiniste l'approche d'une palette avertisseur, on plante sur l'accotement de la voie une série de 5 barrières blanches distantes de 10 mètres les unes des autres, la dernière à 50 mètres du signal. Ces barrières sont pourvues de raies transversales noires dont le nombre varie de 5 à 1 en se rapprochant de la palette en question.

Pour distinguer toutes les palettes ci-dessus de celles qui peuvent occuper trois positions et que nous étudierons plus loin, on les a, depuis la guerre, munies d'un disque en tôle. Celui-ci est de même couleur que la palette et se fixe à son extrémité pour les signaux d'arrêt, au milieu pour les signaux avertisseurs.

Les couleurs des feux correspondant à la palette ordinaire sont le rouge pour l'arrêt et le vert pour le passage : à la palette de manœuvres, respectivement le violet et le vert : enfin, à la palette avertisseur, le jaune oranger pour le ralentissement et le vert pour le passage en vitesse.

La *palette à trois positions*, dont l'emploi sera généralisé sur le réseau de l'État belge, a pour but de simplifier la signalisation employée jusqu'à présent, tout en donnant des indications au moins aussi claires et aussi complètes. Elle peut prendre la position horizontale, celle inclinée à 45° vers le haut et la verticale. Dans cette dernière position, elle s'aligne à côté du mât et non devant lui.

La palette *d'arrêt* à 3 positions commande respectivement pour chacune d'elles l'arrêt, le ralentissement et le passage en vitesse normale. Dans la position inclinée, elle fait l'office de palette avertisseur, car elle ne peut prendre cette position que parce que le signal d'arrêt suivant est à l'arrêt. Par contre, dans la position horizontale, elle sert également de palette d'arrêt. Elle remplace donc, somme toute, deux palettes, dont l'une d'arrêt et l'autre avertisseur.

La palette de *manœuvres* à 3 positions indique respectivement l'arrêt, la manœuvre suivant un itinéraire limité et enfin la manœuvre sans limite de parcours. Dans les stations intermédiaires où se font des garages par rebroussement, la signification de la palette de manœuvres change quelque peu : dans la position inclinée, elle signifie manœuvre, dans la position verticale, garage.

La palette *avertisseur* peut aussi occuper 3 positions. La position horizontale signifie : ralentissement immédiat parce que le signal suivant est à l'arrêt ; la position intermédiaire signifie que le signal d'arrêt suivant est au passage, mais ne peut être franchi qu'à vitesse réduite, ce qui équivaut à : ralentissement plus loin ; enfin la position verticale autorise le passage à vitesse normale, ici, et plus loin.

La forme et l'aspect extérieur des palettes à 3 positions sont identiques à ceux des palettes à 2 positions ; on y a seulement supprimé le disque en tôle cité plus haut. Les couleurs des feux correspondant à la palette ordinaire sont le rouge, le jaune et le vert ; à la palette de manœuvre, le violet, le jaune et le vert ; à la palette avertisseur, le jaune, le jaune et le vert accolés et le vert.

Ajoutons toutefois que la signalisation par palettes à 3 positions n'implique pas que tous les signaux devront désormais pouvoir occuper les 3 positions envisagées, mais elle consacre que dorénavant le passage en vitesse sera toujours donné par la palette relevée verticalement et que la palette ordinaire inclinée à 45° signifiera désormais le ralentissement au lieu du passage en vitesse. On pourra donc avoir, suivant les cas, un signal dont la palette occupera ou les 2 positions extrêmes, ou la position horizontale et celle inclinée à 45°, ou enfin les 3 positions.

Nous venons d'examiner les divers types de palettes. Suivant la manière dont elles sont disposées sur le mât, on obtient des sémaphores de différents modèles et les

palettes en reçoivent dans certains cas une signification complémentaire.

Sémaphore à palette unique. — C'est le sémaphore ordinaire d'arrêt ou avertisseur, suivant le genre de palette.

Sémaphore à palettes multiples, de natures différentes, superposées sur le même mât. — On peut avoir le sémaphore à deux palettes dont la supérieure d'arrêt et l'inférieure de manœuvres. Elles commandent toutes deux des mouvements en général sur la même voie, mais la palette supérieure autorise le départ ou le passage tandis que l'inférieure n'autorise qu'une manœuvre.

On peut aussi avoir le sémaphore à deux palettes dont la supérieure d'arrêt et l'inférieure avertisseur d'un signal situé à l'aval. Dans ce cas, la palette inférieure ne peut jamais s'ouvrir si la palette d'arrêt qui la surmonte n'est pas au passage, car cette indication ne servirait à rien. Bien entendu, le contraire est possible.

Enfin, on peut avoir un sémaphore à trois palettes, une d'arrêt, une avertisseur et une de manœuvre.

Sémaphore à palettes d'arrêt multiples superposées sur le même mât. — C'est le *sémaphore de bifurcation* d'autrefois. Il en existe encore un grand nombre sur le réseau. On est allé jusqu'à superposer ainsi 5 et 6 palettes. C'est ici que la palette d'arrêt acquiert sa fonction complémentaire d'indiquer la direction donnée au machiniste. La règle admise à l'État belge est que l'itinéraire le plus à gauche du machiniste attendant devant le sémaphore lui sera donné par la palette supérieure, les autres directions correspondant successivement aux palettes sous-jacentes. Les palettes de ce signal ne sont jamais qu'à deux positions, horizontale et inclinée, ce type de signal étant destiné à disparaître dans l'avenir.

Ce système est simple et pratique pour les stations où les itinéraires sont peu nombreux, mais il a dû être aban-

donné à l'entrée des grandes gares par suite de la multiplicité des itinéraires possibles. Aussi on lui substitue maintenant l'un des deux types de sémaphore suivants.

Sémaphore à numéros. — Pour indiquer les diverses directions commandées par le signal, on fait usage de plaques indicatrices en tôle sur lesquelles sont peints des chiffres ou des lettres et qui sont toutes normalement cachées derrière une tôle formant écran établie sous la palette unique d'arrêt. Ces plaques sont conjuguées avec la palette de manière qu'il n'y en a jamais qu'une qui puisse apparaître à la fois et que, d'autre part, la palette se lève en même temps que le numéro apparaît. La nuit, une lanterne à feu blanc éclaire ces plaques par réflexion, la palette ayant, bien entendu, son feu propre. L'inconvénient de ce genre de signal est son peu de visibilité à distance au point de vue de la direction donnée. Aussi ne peut-on l'employer qu'aux endroits où la vitesse des trains ne peut dépasser 40 kilomètres à l'heure, comme aux entrées ou aux sorties des voies des grandes gares sur lesquelles les trains doivent faire ou ont fait arrêt.

Sémaphore chandelier. — L'adoption de la signalisation avec palettes avertisseurs a amené l'administration à abandonner définitivement le sémaphore à palettes d'arrêt superposées pour adopter le sémaphore où les palettes d'arrêt sont établies horizontalement, c'est-à-dire fixées chacune à un mâtereau distinct, reposant sur un pied commun, comme les branches d'un chandelier. D'où le nom du sémaphore. Il fallait en effet, souvent, pouvoir greffer les palettes avertisseurs sous la palette d'une direction donnée. Ceci aurait amené des complications, des confusions, voire même des impossibilités de construction, si on avait voulu conserver l'usage des sémaphores à mât unique.

Dans ce type de sémaphore, qui peut être à 2, 3, 4 et quelquefois même 5 mâtereaux, mais c'est la grande

exception, les palettes sont étalées géographiquement, la direction la plus à gauche étant donnée par la palette du mât de gauche, etc. La hauteur des mâtereaux est choisie de telle manière que la direction non déviée, donc en général, la principale, est indiquée par le mâtereau le plus élevé. Dans le cas d'une bifurcation symétrique, c'est-à-dire dont les 2 directions sont déviées symétriquement, les mâtereaux ont la même hauteur.

Disons enfin que, en combinant le sémaphore chandelier et le sémaphore à numéros, on arrive à signaliser un grand nombre d'itinéraires. Ce sont les types de signaux régulièrement employés à l'entrée des grandes stations de coïncidence comme Louvain, Namur, Gand-St-Pierre.

Signaux du type allemand. — La signalisation d'avant-guerre ayant été complètement bouleversée par les Allemands, anéantie ici, germanisée là, l'administration des chemins de fer s'est trouvée après l'armistice devant un travail immense de reconstruction et a tâché provisoirement de tirer parti de la signalisation établie par l'ennemi. Nous croyons donc utile d'en dire un mot.

Les Allemands ont substitué notamment à nos signaux de bifurcation, tant aux chandeliers qu'aux autres, des sémaphores à palettes superposées mais dont on n'aperçoit normalement que la supérieure étalée horizontalement. Les autres sont dressées verticalement contre le mât et se confondent de loin avec celui-ci.

Dans ce type de sémaphore la direction principale est donnée par l'inclinaison à 45° de la palette supérieure ou un feu vert la nuit ; la direction déviée, par 2 palettes inclinées à 45° ou 2 feux verts superposés la nuit. S'il y a une deuxième direction déviée, elle est donnée par 3 palettes superposées inclinées à 45° ou 3 feux verts la nuit.

Un certain nombre de ces sémaphores sont encore en service actuellement sur le réseau. C'est à tort, à notre

avis, car leur transformation en signaux du type belge ne nécessiterait généralement qu'un petit travail d'ajustage et, par contre, leur maintien est de nature à compliquer inutilement la signalisation à observer par les machinistes. On les supprime toutefois au fur et à mesure des modifications apportées aux signalisations des stations ou des lignes.

Les Allemands ont aussi supprimé partout les sémaphores avertisseurs pour les remplacer par des disques avertisseurs, simples disques d'arrêt dont la face est peinte en jaune au lieu de rouge et qui ont d'ailleurs la même signification et les mêmes feux que les palettes en flèche. On les a maintenus provisoirement en service, mais ils disparaissent au fur et à mesure de l'équipement des lignes à l'aide de la signalisation nouvelle à palettes à 3 positions.

III. — Utilisation des signaux fixes

Les signaux fixes que nous venons d'examiner en détail ont deux fonctions bien distinctes, mais qui, en pratique, se confondent souvent l'une dans l'autre. Ils peuvent servir : 1° à couvrir un point dangereux ; 2° à sectionner une ligne en tronçons successifs. Anciennement, on ne les employait jamais que pour le premier usage. Nous examinerons successivement ces deux modes d'utilisation.

A. *Couverture des points dangereux*

On appelle *point dangereux*, en langage de chemin de fer, une station, une bifurcation, un pont tournant, une traversée à niveau d'une autre ligne, voire même un passage à niveau très important, bref tout point de la voie pouvant être une cause de danger pour la circulation des trains.

D'une manière générale, un point dangereux doit tou-

jours être couvert dans toutes les directions d'où il peut être atteint, par 2 signaux fixes, dont l'un, le *signal rapproché*, disque d'arrêt ou sémaphore, est d'arrêt absolu, et se place à 50 mètres du point à couvrir et l'autre, signal à distance ou sémaphore avertisseur, répète à 800 mètres les indications du premier.

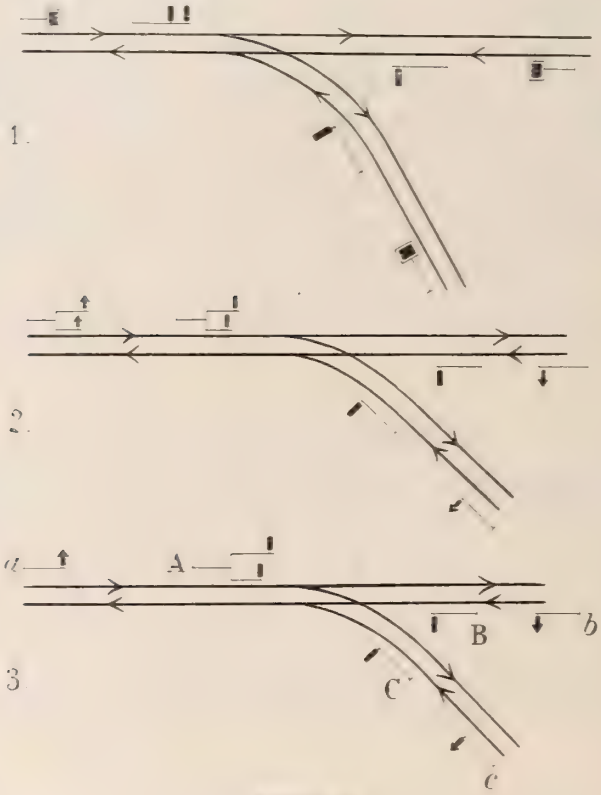

FIGURE II.

A titre d'exemples, nous indiquerons ci-après la signalisation utilisée à l'État belge, dans le cas d'une bifurcation sur une ligne à double voie et dans le cas d'une station intermédiaire. Pour chacun de ces cas, nous ferons connaître la signalisation ancienne, celle de 1914 et celle de l'avenir.

1° *Bifurcation sur une ligne à double voie.*

a) *Signalisation ancienne.* (voir fig. II, 1)

La signalisation ancienne, avec signaux à distance, était peu pratique, car, lorsque le passage n'était pas libre, le signaleur devait faire marquer un temps d'arrêt au train devant le signal à distance avant de lui permettre de s'avancer ensuite jusqu'au signal rapproché. C'était le ralentissement brutal, si on peut dire, qui donnait lieu à une exploitation fort lente. De plus, pour un train venant de la branche commune, ce signal ne fournissait à distance, en cas de passage libre, aucune indication sur la direction donnée.

Ces raisons, outre celles déjà énumérées plus haut, ont amené l'État belge avant la guerre à utiliser les palettes avertisseurs franchissables à l'arrêt. C'est la signalisation existant en 1914 sur toutes les lignes importantes du réseau.

b) *Signalisation en* 1914. (voir fig. II, 2)

Dans ce mode de signalisation, chaque palette d'arrêt est répétée par une palette avertisseur. On les manœuvrait même souvent par un même levier. Tous les inconvénients précédents ont disparu. Mais si la signalisation y a gagné, la dépense afférente a considérablement augmenté.

Nous n'avons en effet envisagé ci-dessus qu'un cas très simple, mais lorsque les bifurcations se suivent à peu de distance comme à l'approche d'une station importante, on arrive à employer des chandeliers consécutifs à 3 ou 4 mâtereaux, avec des palettes avertisseurs ou d'arrêt en grand nombre. Il suffit de se rappeler la complication de la signalisation d'avant-guerre sur la ligne de Bruxelles à Anvers.

C'est le motif pour lequel on a adopté la signalisation nouvelle.

c) *Signalisation future.* (voir fig. II, 3)

Suivant cette disposition, les palettes des sémaphores

d'arrêt A, B et C ne pourront prendre que 2 positions : l'horizontale et la verticale ; quant aux avertisseurs, *a* pourra prendre 3 positions : l'horizontale, si les 2 palettes de A sont à l'arrêt, l'inclinée, si c'est la palette de droite de A qui est ouverte (direction déviée pour laquelle le train doit ralentir), la verticale enfin si c'est la palette de gauche de A qui est levée (direction rectiligne avec passage en vitesse). L'avertisseur *b* pourra prendre 2 positions : l'horizontale et la verticale correspondant à B à l'arrêt et au passage. Enfin, l'avertisseur *c*, par contre, ne pourra prendre que la position horizontale et la position inclinée correspondant à C à l'arrêt et au passage, parce que la branche déviée de la bifurcation ne peut être franchie qu'à vitesse réduite.

Par rapport à la signalisation de 1914, on voit que le sémaphore chandelier avertisseur a été remplacé par un sémaphore ordinaire, d'où une sérieuse économie..

Dans le cas où la bifurcation est symétrique, c'est-à-dire où les deux branches devient symétriquement, le schéma de la signalisation d'autrefois ne change pas : pour celui de la signalisation de 1914 les 2 mâtereaux des 2 chandeliers ont cette fois la même hauteur. Rien n'indiquait alors au machiniste si les branches de la bifurcation pouvaient ou non être franchies en vitesse. On y suppléait par un ordre de service. Dans la signalisation nouvelle, au contraire, si les deux directions peuvent être franchies en vitesse, tous les avertisseurs *a*, *b* et *c* ne prendront que 2 positions : l'horizontale et la verticale ; dans le cas contraire, ils ne prendront tous les trois que la position horizontale et celle inclinée.

On voit tout de suite les avantages sérieux de la palette à 3 positions. Le seul inconvénient qu'on puisse reprocher à la simplification apportée à la répétition à distance des sémaphores de bifurcation, c'est que, lorsqu'il y a plus de 2 directions, on ne sait pas, à distance, laquelle des directions autres que la principale est donnée, mais c'est

là un inconvénient peu important vis-à-vis des grands avantages et de l'économie sérieuse qui résulte de son emploi.

2° *Station intermédiaire sur une ligne à double voie.*

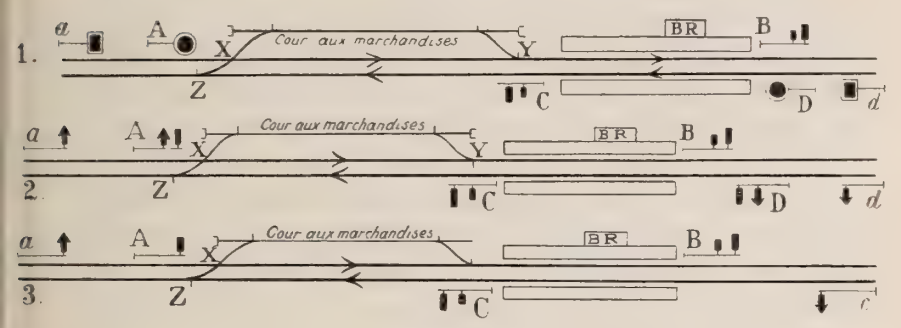

FIGURE III.

a) *Signalisation ancienne.* (fig. III, 1)

Les points dangereux d'une station intermédiaire sont les points X, Y et Z. D'après les principes énoncés plus haut, chacun de ces points sera couvert par 2 signaux. Toutefois, les points X et Y étant suffisamment rapprochés l'un de l'autre, les signaux couvrant X serviront aussi à couvrir Y. On aura donc les signaux de couverture A et *a*, D et *d*. A se place à 50 m. du point X et *a* en moyenne à 800 m. de A. D se place à 50 m. de la queue du plus long train supposé arrêté dans la station et *d* à 800 m. de D.

Ainsi un train manœuvrant dans la station est couvert avec toute la sécurité voulue. Les sémaphores B et C situés en tête des trottoirs ne servent pas, dans cette signalisation, à couvrir des points dangereux tels que Z, mais uniquement à assurer le block-system dont nous dirons un mot plus loin ; sur les lignes non exploitées de cette manière, ces sémaphores n'existent pas. Comme il arrive qu'on doive franchir pareil signal à l'arrêt pendant les manœuvres de et vers la cour aux marchandises, on les munit d'une palette de manœuvres qu'on ouvre

dans ce but. Dans cette signalisation, seuls les sémaphores de bloc sont normalement à l'arrêt.

b) *Signalisation en* 1914. (fig. III, 2)

On voit que, maintenant, chaque palette d'arrêt, sauf celles de manœuvres, a sa palette avertisseur. C'est ainsi que la palette supérieure de A a son avertisseur *a* et la palette de B a son avertisseur établi sous la palette supérieure de A. De même pour l'autre sens de marche. Tout comme dans le premier exemple relatif au cas d'une bifurcation, on constate que cette signalisation est plus complète que la précédente et donne au machiniste toutes les indications désirables ; mais elle est aussi plus coûteuse d'établissement et d'entretien. Il faut en effet dix palettes, dix lanternes et dix leviers de manœuvre au lieu des huit d'autrefois. Tous ces signaux sont normalement à l'arrêt.

c) *Signalisation future.* (fig. III, 3)

Les signaux sont ici simplifiés quant au nombre de palettes. De plus, on ne couvre plus la queue d'un train arrêté dans la station par un signal de couverture de gare tel que D. Ce train est en effet couvert par le signal de bloc d'amont. Le point dangereux Z est couvert par le signal C qui sert en même temps de signal de bloc et par son avertisseur *c*. Il n'y a plus maintenant que 7 palettes, 7 lanternes et 7 leviers de manœuvre.

Les signaux sont toutefois de genre différent, suivant les distances qui les séparent.

Si la distance AB est plus grande que 800 mètres, alors A est à 3 positions et tous les autres signaux à 2 positions (horizontale et verticale).

Si la distance AB est plus petite que 800 mètres, *a* doit répéter A et B. C'est alors *a* qui est à 3 positions et tous les autres à 2 positions ; *a* est horizontal si A et B sont à l'arrêt, incliné si A est ouvert et B à l'arrêt, enfin vertical si A et B sont au passage. Tous les signaux sont aussi normalement à l'arrêt.

Nous nous bornerons à ces deux exemples.

Pour la protection des points dangereux, tous les leviers de commande des signaux sont en relation mécanique avec les leviers de manœuvre des excentriques situés sur l'itinéraire commandé par le signal ou y donnant accès. Pour pouvoir ouvrir le signal considéré, il faut que tous les excentriques situés sur l'itinéraire occupent la position voulue et que les excentriques pouvant le couper ou y donner accès soient dans la position opposée. Ces relations mécaniques constituent ce qu'on appelle les enclenchements. Les leviers de manœuvre sont concentrés dans des cabines et la commande se fait soit mécaniquement par fils ou tringles, soit électriquement pour les stations très importantes comme Bruxelles-Nord, Anvers, Gand-St-Pierre, etc.

B. *Sectionnement des lignes ou Block-system*

Nous avons vu que la deuxième fonction des signaux fixes était de sectionner les lignes en tronçons ne pouvant chacun, pour une voie considérée, ne recevoir qu'un train à la fois. C'est ce qu'on appelle le block-system.

Ce mode d'exploitation peut très bien se comprendre sans signaux pour des trains faisant arrêt à toutes les stations de la ligne. C'est ce qu'on fait sur les lignes secondaires, les lignes à simple voie le plus généralement, par le block-system par télégraphe.

Dans ce système d'exploitation, la station A demande par télégraphe à la station suivante B, si le train qui se trouve dans sa gare peut être expédié. B répond à A : « Expédiez train N°... ». Quand le train est arrivé en B, B télégraphie à A : « Train B arrivé ». Aucune demande nouvelle ne peut être adressée par A à B tant que cette dernière annonce ne lui est pas parvenue.

On conçoit que pour les lignes à faible trafic, pareille exploitation soit possible, d'autant plus que, depuis

l'usage du téléphone, au lieu du télégraphe, les demandes et les réponses se donnent beaucoup plus rapidement. Un carnet d'annotations téléphoniques supplée aux banderoles télégraphiques.

Mais sur les lignes à trafic intense, les lignes à double voie en général, et lorsqu'il y circule des trains directs, ce mode d'exploitation devient fort peu pratique et on a recours alors au block-system par signaux.

Les signaux, auxquels on donne toujours la forme sémaphorique, ne se distinguent pas quant à leur forme des autres signaux d'arrêt. De cette manière, ils peuvent ou ne servir qu'à couvrir une section de bloc ou remplir en même temps l'office de signaux de couverture d'un point dangereux ou de signaux de direction.

Les sections de bloc sont déterminées en général par la distance entre deux stations consécutives qui est en moyenne, en Belgique, de 3 kilomètres. Si le trafic sur la ligne l'exige ou si les stations sont trop éloignées, on établit un poste de bloc en pleine voie à mi-distance, si possible, des deux stations envisagées. Toute bifurcation doit être poste de bloc, que la voie déviée soit une voie de garage ou une voie principale.

Les signaux de bloc sont normalement à l'arrêt et sont reliés à un appareil électro-mécanique manœuvré par les cabiniers. L'appareil de chaque poste est en relation électrique avec le poste d'amont et le poste d'aval.

Considérons trois postes consécutifs A, B et C. Supposons que le train se trouve dans la section de bloc AB. Dans ce cas, B demande à C, à l'aide d'un code de sonneries approprié, de débloquer son signal. C le fait électriquement, s'il le peut. Nous disons : s'il le peut, car il faut pour cela que le train précédant celui considéré ait franchi entièrement le poste C en roulant sur un contact électrique appelé « pédale » établi à 15 mètres au delà du signal C et que ce signal ait été remis au préalable à l'arrêt derrière ce train. Alors, seulement la manette permettant

d'envoyer le courant de déblocage à l'amont est libérée et le poste B peut ouvrir son signal. Dès que le train a franchi son poste, B referme son signal pour couvrir le train et pouvoir ultérieurement envoyer le débloc à A lorsque ce poste lui en fera la demande.

On voit que si les appareils fonctionnent bien, il ne peut jamais y avoir qu'un seul train entre deux postes consécutifs.

Les Allemands ont enlevé pendant la guerre la plupart des appareils de bloc qui, d'ailleurs, étaient presque tous allemands ! Depuis l'armistice, les signaux de bloc ne sont plus enclenchés avec des appareils électromécaniques et les pédales ne fonctionnent plus.

La sécurité est obtenue à l'aide d'un code très strict de communications téléphoniques entre les postes de bloc successifs. Hâtons-nous d'ajouter que, au fur et à mesure qu'on équipe les lignes de la signalisation perfectionnée exposée plus haut, on rétablit en même temps le block-system par appareils enclenchés.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir en ces quelques pages fait l'exposé complet de la signalisation en usage sur nos chemins de fer. Nous croyons toutefois avoir répondu aux principales questions que seraient tentés de se poser les lecteurs de la Revue, au cours de leurs voyages en chemin de fer.

R. Van der Mensbrugghe,
Ingénieur principal
des Chemins de fer de l'État belge.

VARIÉTÉS

I

LE MODÈLE D'ATOME DE J. LANGMUIR

—

L'apparition d'une nouvelle hypothèse sur la structure des atomes est devenue un phénomène chronique dans le développement de la physique, depuis que la conductibilité des gaz a fait connaître les électrons comme le matériel de construction commun à tous les atomes. Les hypothèses se sont succédé à de courts intervalles ; après les modèles de J. J. Thomson, de Rutherford (1905) et de Bohr (1913), il faut encore citer les types de Kossel (1916), de G. M. Lewis (1916) et de J. Langmuir (1919).

Une donnée fondamentale est à la base de tous ces systèmes : la matière est faite de particules électrisées. Mais la simplicité de cette donnée cache l'immensité du problème à résoudre. On ne dispose que de deux espèces de briques, et avec ce matériel il faut reproduire les édifices si nombreux et si variés de style que présente la nature dans les éléments et leurs combinaisons. Chaque construction doit posséder ce fouillis de détails que nous révèlent la chimie, l'optique, la chaleur, l'électricité, le magnétisme, la radio-activité, etc. Tous les chapitres de la physique et de la chimie, il s'agit de les grouper sous un seul en-tête : forces électriques.

Quoi d'étonnant, dès lors, qu'un premier essai de Thomson n'ait pas donné une solution complète du problème ? Il cherchait à réaliser des groupements stables d'électrons.

Pour les stabiliser, il les fait baigner dans une sphère homogène d'électricité positive, en les répartissant sur des couches concentriques. Ces combinaisons donnent des résultats intéressants, parce qu'ils s'adaptent bien au système périodique de Mendeléjef lorsqu'on met les propriétés chimiques au compte des électrons extérieurs. L'idée de la localisation des propriétés chimiques dans les électrons de surface s'est maintenue dans les systèmes successifs de modèles d'atome. Mais quand E. Rutherford eut montré qu'une particule α du bombardement radioactif peut pénétrer dans l'atome jusqu'à 10^{-13} cm du centre, on dut abandonner la sphère d'électricité positive trop étendue de Thomson et admettre un noyau de cet ordre de grandeur, beaucoup moins considérable. Rutherford imagina donc l'atome avec un noyau central positif et tout autour des électrons qui, pour la stabilité du système, doivent graviter sur des cercles concentriques.

Mais on ne voit pas encore comment déduire de ce modèle toutes les propriétés caractéristiques des éléments. Bohr fixe son attention sur les mouvements de gravitation des électrons et les soumet aux exigences de la théorie des quanta. Et voilà qu'il parvient à expliquer toute une série de phénomènes et des plus compliqués, notamment la structure des spectres lumineux. Le succès de sa théorie grandit encore lorsque les spectres des rayons X, découverts ensuite, se montrèrent dociles à ses règles.

Mais ce beau résultat faisant remonter à l'atome toute la spectroscopie paraît encore bien minime lorsqu'on songe que la constitution de l'atome doit exprimer tout le traité de la physique et de la chimie, dont la spectroscopie n'occupe que quelques pages. C'est précisément ce souci qui a fait naître les nouveaux essais de Kossel et de Lewis, complétés et systématisés par J. Langmuir. Je me propose de retracer les lignes principales de cette dernière théorie (1).

Langmuir part de l'idée que le vaste domaine des propriétés chimiques résumées dans le tableau périodique des éléments fournit un fondement plus sûr pour établir une théorie

(1) J. Langmuir, *The arrangement of electrons in atoms and molecules*. GEN. EL. REV. XXII, nos 7, 8, 10 (1919).

de structure atomique, que les données expérimentales de la physique.

A la base de son système est posé le principe que les atomes des gaz rares, hélium, néon, argon, krypton, xénon et niton, vu leur inertie chimique, doivent avoir une structure particulièrement stable. Les numéros d'ordre de ces gaz dans le tableau périodique ou, suivant la terminologie reçue, leurs nombres atomiques sont respectivement : 1, 10, 18, 36, 54, 86. Or, ce ne sont pas simplement des numéros d'ordre. Ils ont une signification physique : ils sont notamment le nombre d'électrons périphériques de l'atome et en même temps le nombre de charges élémentaires du noyau positif. Les nombres atomiques des gaz rares peuvent être obtenus par l'addition des termes successifs de la formule de Rydberg :

$$N = 2\,(1 + 2^2 + 2^2 + 3^2 + 3^2 + 4^2).$$

Pour satisfaire au facteur commun 2, dit Langmuir, attribuons aux atomes de ce gaz une symétrie binaire passant par le noyau. Les électrons sont placés symétriquement par rapport à un plan. De part et d'autre de ce plan équatorial ils forment un système à symétrie quaternaire par rapport à un axe perpendiculaire à ce plan. Ils sont répartis autour du noyau dans des couches sphériques d'égale épaisseur. Si les rayons moyens de ces couches croissent dans les rapports 1 : 2 : 3 : 4, les surfaces sont dans les rapports de $1^2 : 2^2 : 3^2 : 4^2$. Toutes ces couches sont divisées en des secteurs d'égal volume. Si, pour satisfaire à la symétrie binaire, on divise la première couche en deux secteurs par le plan équatorial, la deuxième comprendra $2 \times 3^2 = 18$, la quatrième $2 \times 4^2 = 32$.

La position des électrons n'est pas strictement fixée : ils sont astreints seulement à rester dans les secteurs, auxquels Langmuir donne le nom de cellules. Les deux cellules intérieures ne peuvent porter qu'un seul électron, tandis que les autres peuvent abriter 2 électrons. Mais alors ces deux électrons seront inégalement éloignés du centre. Il faut donc subdiviser les couches II, III et IV en deux parties concentriques. On arrive ainsi à distinguer les couches I avec 2 cellules, II*a* avec 8 cellules, II*b* (8 cellules), III*a* (18

cellules), III*b* (18 cellules), IV*a* (32 cellules). Une dernière condition est imposée à la disposition des électrons : ils ne peuvent se loger dans une couche supérieure avant que toutes les couches intérieures ne soient saturées.

Toutes ces hypothèses ne sont que l'interprétation de la formule de Rydberg, citée plus haut. D'après ce système, voici par exemple l'aspect des atomes hélium, néon et argon. L'hélium, n'ayant que deux électrons, ne possède que la couche I. Il est donc formé par un noyau flanqué de deux électrons, situés sur un axe passant par le centre. Le néon, de nombre atomique 10, a en outre la couche II*a*, comprenant 8 électrons disposés sur les sommets d'un cube. Dans l'argon (n. a.·. 18), les 8 nouveaux électrons se logent dans la couche II*b* également sur les sommets d'un cube.

Les atomes des autres éléments que les gaz rares possèdent des cellules vides dans leur couche extérieure et présentent ainsi moins de stabilité. Toutes leurs propriétés chimiques seraient déterminées par le nombre et la disposition des électrons dans cette couche extérieure. Ces atomes tendraient vers des formes plus stables en prenant ou en abandonnant des électrons. Les formes plus stables sont précisément celles des gaz rares. Quelques atomes cependant, comme le nickel, le palladium, l'erbium, le platine présentent aussi une forme très symétrique et peuvent être considérés comme plus stables. De là provient que les éléments voisins peuvent également tendre à prendre ces structures. Ceci expliquerait la position privilégiée de ces métaux dans le système périodique : au commencement des secondes lignes des longues périodes.

L'adaptation du système de Langmuir à la table périodique des éléments, réussit en plusieurs points de façon surprenante et conduit à des conclusions inattendues dont voici quelques exemples :

Le caractère électropositif ou négatif prévu par le système coïncide parfaitement avec les cations et les anions connus (halogènes, famille de l'oxygène...). Tous les corps électronégatifs viennent se placer en deçà d'un des gaz rares, tandis que les éléments électro-positifs (métaux alcalins, alcalino-terreux) se trouvent immédiatement au delà de ces atomes neutres. Par exemple, le fluor (9) ne manque que d'un électron

pour avoir la forme stable de son voisin, le néon. Il sera donc avide de s'adjoindre un électron et de former un anion monovalent. Le sodium (11) au contraire, abandonnera volontiers un électron pour prendre la symétrie du néon, d'où résulte un cation monovalent.

Ces corps à valence bien fixe doivent se grouper près d'un gaz rare. Au contraire les corps à valence capricieuse, tels l'azote, le phosphore, le chrome, doivent être situés à mi-chemin entre deux éléments stables. Leur caractère électropositif ou négatif n'est pas net, car pour eux, tendre vers une forme stable, en abandonnant ou en prenant des électrons, c'est un égal dérangement.

La structure tétraédrique du carbone se conçoit facilement en situant les 4 électrons de la couche II*a* aux sommets d'un tétraèdre dans leurs cellules respectives. Cette forme est la plus logique pour des électrons qui se repoussent par leur force électrostatique : ainsi ils sont aussi éloignés que possible les uns des autres.

La discontinuité de propriétés entre les voisins carbone et azote serait due au cinquième électron de l'azote qui s'ajoute dans la couche II*a*, et rompt entièrement la symétrie du tétraèdre du carbone. Les forces électrostatiques et magnétiques en sont tellement bouleversées que ces deux voisins se comportent tout différemment.

Une des conséquences les plus frappantes de la théorie est la prévision de sels colorés que doivent former les éléments comme le chrome, le manganèse. Ils ont en effet des électrons faiblement liés. Les forces électrostatiques entre les électrons sont à peu près équilibrées par les forces d'attraction magnétique des électrons supposés, d'après Parson, de forme annulaire. On comprend aisément que ces électrons faiblement liés, quand ils seront exposés à la lumière blanche, vibreront volontiers à l'unisson d'une fréquence déterminée et diffuseront le reste du rayonnement sous forme de couleur.

Les propriétés magnétiques du fer, du nickel et du cobalt sont prévues. Pour le fer (n. a. : 26), Langmuir est conduit à admettre la disposition de 24 électrons sur les sommets de trois cubes dont les diagonales coïncident. Suivant les quatre diagonales, 6 électrons sont ainsi alignés. Un tel

ensemble doit avoir un champ magnétique extérieur intense, si on admet la forme annulaire des électrons.

Le plus grand avantage de ce modèle d'atome réside en la facilité de prévoir les combinaisons chimiques. Deux atomes, dit Langmuir, sont chimiquement liés lorsqu'ils ont en commun une ou plusieurs paires d'électrons pour former au moyen de leur couche extérieure une paire stable ou un octet. Par paire stable, il entend la disposition sur l'axe polaire d'un électron de part et d'autre de la partie centrale. Par octet, il désigne un groupement de 8 électrons situés sur les sommets d'un cube ou accouplés deux à deux sur les sommets d'un tétraèdre. La tendance à former des octets semble une hypothèse particulièrement féconde, car elle permet d'expliquer par exemple les valences anormales de l'azote dans les oxydes, elle prévoit les hydrocarbures possibles et les acides du soufre et du phosphore. La règle est très simple. Voyez s'il y a moyen de former un nombre entier d'octets avec les électrons de la couche extérieure des composants et vous serez renseigné sur la possibilité de la combinaison. Chaque paire d'électrons commune à deux octets diminue de deux unités le nombre total d'électrons de ces octets. Pour n octets à former dans les couches extérieures d'atomes à combiner, au lieu d'un nombre d'électrons $e = 8\,n$, il ne faudra que $e = 8\,n - 2\,p.$, si p paires d'électrons sont communes à deux octets. D'où $p = 1/2\,(8\,n - e)$. Ainsi, voyons si l'hydrocarbure CH_2 est possible. Le carbone contient 4 électrons dans la couche extérieure et chaque atome H en possède un. On doit donc poser $e = 6$. Les composants peuvent-ils former 1 ou 2 octets ? Pour $n = 1$, la formule donne $p = 1$. Pour $n = 2$, on obtient $p = 5$. Ces deux valeurs sont impossibles. Dans le premier cas, comme il n'y a qu'un octet, il n'y a pas de paire à tenir en commun. Pour former deux octets, il faudrait qu'ils pussent tenir 5 paires en commun, ce qui n'est plus possible. Donc cette combinaison n'est pas réalisable.

En résumé, la théorie de Langmuir se recommande par le nombre et la diversité des phénomènes qu'elle parvient à interpréter. Elle possède sur le modèle de Bohr l'avantage de conduire à des modèles de molécules. Mais tient-elle bien compte des lois de la mécanique ? Langmuir pose en principe

que ces atomes de gaz inertes sont très stables ; mais on ne voit pas comment ces électrons en repos satisfont aux lois élémentaires de la statique. C'est ce qui explique la réserve des physiciens vis-à-vis de cette structure d'atome. Seul Bragg a tâché de lui fournir une base expérimentale en cherchant pour les électrons du cristal *Na* Cl une disposition cadrant avec le modèle de Langmuir. Entretemps c'est encore l'atome de Bohr qui emporte la généralité des sympathies.

J. De Smedt,
Chargé de Cours à l'Université de Louvain.

II

L'HOMME FOSSILE

—

Notre savant collaborateur, M. l'abbé Claerhout, continuant la tradition des d'Acy, des Arcelin, des de Nadaillac, a tenu les lecteurs de la Revue au courant de tout ce qui s'est produit de remarquable, depuis vingt ans, dans le domaine progressivement agrandi de la préhistoire.

Aujourd'hui nous nous trouvons en présence de deux ouvrages de synthèse (1), dont l'apparition a été presque simultanée et qui, pour ce motif même, n'ont pas réagi l'un sur l'autre. Nous ne dirons pas qu'ils sont de valeur inégale, mais plutôt qu'il n'y a pas à les comparer. Leur objet précis, leur méthode, leurs points de vue respectifs sont dissemblables. Tous deux sont extraordinairement bourrés de science. Ils méritent un traitement séparé. Nous nous

(1) *Les hommes fossiles. Éléments de paléontologie humaine*, par Marcellin Boule. XI-491 pages. Paris, Masson, 1921.

Les Religions de la Préhistoire. L'âge paléolithique, par Th. Mainage, prof. d'hist. des religions à l'Institut catholique de Paris. VII-438 pages. Paris, Desclée-Picard, 1921.

occuperons des religions de la préhistoire dans le prochain fascicule.

M. Marcellin Boule, professeur au Muséum et directeur de l'Institut de paléontologie humaine, fondé récemment à Paris par S. A. S. le Prince Albert Ier de Monaco, a publié il y a quelques mois un gros volume sur les hommes fossiles. Il nous a dit à nous-même, en mai dernier, que cette première édition était sur le point d'être épuisée et qu'il en projetait une autre, de format plus réduit et de prix plus abordable. Quarante francs n'est pas trop, si on considère la valeur du volume ; mais c'est beaucoup, si on songe aux disponibilités budgétaires des lecteurs. Or, c'est le public qu'il importe, non seulement d'intéresser, mais d'instruire. La préhistoire pénètre de tous côtés dans ce grand public. Les journaux en parlent (1), les touristes s'en montrent curieux (2), l'enseignement primaire lui-même est forcé, sinon d'en savoir, au moins d'en dire quelque chose.

Il est urgent que des sources d'information parfaitement sûres soient mises à la portée des travailleurs (3) et que par simple comparaison soient éliminées du domaine scientifique les fantaisies arbitraires et les affirmations incontrôlables de ceux qui, sous prétexte de synthèse, comblent à leur gré les *lacunes* de l'archéologie (4).

(1) Voyez par exemple la série d'articles que le *Peuple*, de Bruxelles, vient de consacrer à la préhistoire humaine, en juin 1921.

(2) Le Bulletin du Touring Club de Belgique a publié l'année dernière d'excellents articles du baron Alfred de Loë sur les sites préhistoriques du pays, et nous avons vu, dans les gares de France, les affiches du syndicat d'initiative des Eyzies, invitant les voyageurs à visiter *en circulaire* les gisements célèbres de la Dordogne.

(3) L'excellent *Manuel d'archéologie préhistorique*, du regretté Joseph Déchelette, date de 1908 et demeure assez sommaire pour ce qui concerne le paléolithique, surtout au point de vue de la paléontologie.

(4) Sans vouloir manquer d'égards vis-à-vis de personne, il est permis de regretter que dans des *Eléments de préhistoire générale* se présentant comme une *Introduction à l'étude de la préhistoire de la Belgique* et ne formant que la première partie d'un ouvrage intitulé *La Préhistoire*, un savant géologue trouve le moyen de mêler aux faits les mieux établis, les plus fragiles, et même les plus étranges hypothèses. Les simples lecteurs ne remarqueront pas toujours qu'une reconstitution plastique du *Précurseur* ou de l'homme du Sussex *vu de profil* ne peut être qu'un jeu.

Ces lacunes existent ; et, pour ce qui concerne l'homme préhistorique, elles sont effroyablement béantes. On peut même dire que, depuis dix ou vingt ans, l'ampleur inattendue des découvertes a révélé l'immensité des zones inexplorées.

A l'époque où on ne connaissait guère que le pithécanthrope de Java et le type de Néanderthal, on pouvait se figurer commodément que c'étaient là les premiers termes d'une série unilinéaire aboutissant, après un nombre suffisant de siècles, aux hommes modernes. Aujourd'hui, ce schéma simpliste doit être tellement retouché et corrigé qu'il en perd tout dessin net et qu'il vaut mieux l'abandonner délibérément.

Le type de Néanderthal, fort imparfaitement connu, même après la magnifique trouvaille de Marcel De Puydt et Max Lohest sur la terrasse de Spy, en 1886, est maintenant, peut-on dire, restitué et comme photographié dans presque tous les détails de son anatomie. Ce n'est plus seulement sur quelques fragments de calotte crânienne ou de mâchoire qu'on a pu opérer la reconstitution de cet homme fossile, mais sur un nombre respectable de squelettes complets, en bon état de conservation, et découverts dans des conditions stratigraphiques pleinement satisfaisantes.

Il y a trente ans, à part le crâne de Néanderthal et les squelettes de Spy, on ne possédait de l'homme fossile que le crâne de Gibraltar, des fragments de maxillaires (la Naulette, Arcy-sur-Cure, Malarnaud, Isturitz) et plusieurs pièces suspectes, mal datées ou sans provenance précise.

Depuis cette époque, les découvertes se sont multipliées. En avril 1908, O. Hauser, marchand suisse qui exploitait pour le compte de l'Allemagne les gisements de la Vézère, découvrit dans l'abri inférieur du Moustier, aux Eyzies, un squelette néanderthalien, avec tous les os dans leurs connexions anatomiques. Ce squelette, reconstitué de façon assez défectueuse, se trouve au Musée d'ethnologie de Berlin. L'étude que Klaatsch en a faite et les conclusions auxquelles il aboutit ont été fortement critiquées ; mais il est incontestable que le squelette est vraiment néanderthalien (1).

(1) Hauser a raconté lui-même dans un style d'épopée sa découverte du Moustier (cfr. : *Der Mensch vor 100.000 Jahren*, Leipzig, Brock-

Le 3 août de la même année, les deux abbés Bouyssonie et leur confrère l'abbé Bardon, en fouillant la petite grotte de la Chapelle-aux-Saints, en Corrèze, mettaient au jour un squelette néanderthalien, en excellent état de conservation, et dont M. Boule publiait trois ans plus tard la magistrale monographie (1).

Néanderthaliens encore les squelettes de la Ferrassie : deux adultes assez complets et des portions de squelettes de deux enfants ; néanderthaliens les beaux restes que le Dr Henri Martin a exhumés et exhume encore de l'abri de la Quina, dans la Charente, depuis 1911 ; néanderthaliens les fragments très nombreux que Gorjanovic Kramberger a extraits de l'abri de Krapina (Croatie), et publiés en 1899 (2).

Hernandez Pachéco et Obermaier ont décrit en 1915 une mandibule, découverte en 1887 par le Dr Pedro Alsin, incrustée à 5 mètres de profondeur dans le travertin exploité comme pierre à bâtir, à Bañolas, au nord de la Catalogne. Elle est néanderthalienne et semble avoir appartenu à un vieillard. Avec le crâne de Gibraltar, c'est le fossile humain le plus ancien de l'Espagne (3).

Nous laissons de côté quelques autres trouvailles récentes, en général assez fragmentaires, et des ossements mal datés ou de provenance suspecte. Les documents archéologiques que nous venons de mentionner suffisent à nous instruire sur l'*Homo neanderthalensis*. Celui-ci n'est plus un inconnu,

haus, 1917, p. 28-34, et avec un peu moins de lyrisme dans L'HOMME RÉHISTORIQUE, 7e année, 1909, p. 1 et suiv.).

(1) Arthur Keith dit de ce mémoire qu'il représente *the most thorough and exact investigation ever made of an ancient human skeleton (The antiquity of man*. Londres, 1915, p. 117). Tout le monde souscrira volontiers à ce jugement.

(2) Cf. Obermaier, *La station paléolithique de Krapina*, dans l'ANTHROPOLOGIE, tome XVI, n. 1 (1905), p. 13. L'abri de Krapina n'est plus observable aujourd'hui ; il était même déjà vidé en partie par des ouvriers lorsque Gorjanovic Kramberger et son assistant Ostermann y commencèrent des fouilles systématiques.

(3) Cf. *Comision de investigaciones paleontologicas y prehistoricas*. Mémoire nº 6. 1915. Madrid, Museo nacional de ciencias naturales. Cette mâchoire avait déjà été signalée en 1909 par Manuel Cazurro dans ANUARIO DEL INSTIUTO D'ESTUDIO CATALAN, et en 1912 par E. Harlé dans le tome 32 du BOLETIN DEL INSTITUTO GEOLOGICO DE ESPANA.

et si sa vie psychologique et morale reste encore un mystère, son anatomie est à peu près complètement décrite.

Interrogeons donc ce vieil homme fossilisé. Que nous répond-il ?

Une chose d'abord : il est déjà très vieux, semble-t-il, au moment où nous le rencontrons dans son niveau moustérien. Il nous apparaît comme un type figé, extraordinairement identique à lui-même ; dépourvu, dirait-on, de plasticité morphologique ; ayant épuisé ses possibilités internes de modification et incapable, depuis longtemps, de renouveler sa structure. Il serait doublement *fossile*.

Les néanderthaliens se ressemblent entre eux beaucoup plus que des individus pris au hasard dans une quelconque de nos races actuelles. La marge des différences individuelles est extrêmement réduite et le type est fixé dès le début de la croissance. Il y a quelques semaines, le Dr Martin présentait à l'Institut français d'anthropologie, une tête osseuse de très jeune enfant, trouvée par lui en place dans les couches moustériennes de la Quina. Cet enfant possède déjà, à l'état parfait, définitif, tous les caractères anatomiques de ses congénères néanderthaliens (1).

Pareille fixité ne se rencontre dans aucune race moderne. Le néanderthalien ne représente pas un début plein de promesses, mais plutôt un aboutissement, un terme ultime dans son genre, le point final d'un effort dans une direction.

Il est superflu de remarquer que cette conclusion nous met en face d'un singulier problème. Ces néanderthaliens si dépourvus d'originalité créatrice — nous ne parlons que de leur morphologie — si figés comme type, pourront difficilement figurer comme un chaînon dans la série ancestrale d'où dérive l'*Homo sapiens* actuel. Ils apparaissent plutôt comme un diverticule, comme une branche latérale ayant poussé pour son propre compte, à partir d'un point indéterminé sur la souche commune des Hominiens et s'arrêtant brusquement à l'aurore du Paléolithique supérieur.

Le problème se complique encore.

1. Ces détails m'ont été transmis oralement par le P. Teilhard de Chardin, membre de l'Institut français d'anthropologie, et qui a pu examiner lui-même le spécimen.

Pour faire des néanderthaliens les ancêtres des hommes d'aujourd'hui, nous devrions pouvoir intercaler entre eux et les types modernes des formes de transition, ou tout au moins, réservant les résultats des fouilles ultérieures, nous devrions constater un hiatus chronologique, et pouvoir laisser une suite de siècles *en blanc*.

Il semble bien que les deux termes de cette alternative soient également condamnés par l'observation la plus incontestable. Voyons ceci de plus près.

Le néanderthalien n'est pas beau, si on appelle beau ce qui nous ressemble. Il est très petit de taille — 1,50 m. à 1,55 m en moyenne — avec une tête très volumineuse, des arcades sourcilières énormes, formant au-dessus des yeux ce bourrelet continu qu'on a appelé très heureusement une *visière*, des orbites immenses, toutes rondes, le front presque absent, si fuyant qu'il semble se confondre avec la voûte crânienne et que celle-ci paraît posée sur les sourcils. La mâchoire est très massive, l'inférieure possédant des branches montantes épaisses et larges, et dépourvue de saillie mentonnière. Pas de pommettes, une sorte de museau, un nez très large (pas du tout simiesque), des dents volumineuses allant en grandissant jusqu'à la dent de sagesse. Le fémur arqué sur le tibia et rendant l'extension totale du genou difficile, sinon impossible ; les pieds posant sur le bord extérieur, comme on l'observe encore chez les enfants et chez les coureurs ; la colonne vertébrale uniformément incurvée de l'atlas au sacrum et dénotant une station verticale incomplète ; le trou occipital notablement en arrière et la tête s'inclinant donc en avant vers le sol... On le voit, le néanderthalien, au premier abord, est un peu déconcertant et on ne pourrait dire de lui, comme on le dira de l'homme de Combe-Capelle, que « revêtu d'un habit moderne il ne se ferait remarquer par rien de spécial dans une assemblée d'Européens actuels » (1).

M. Boule, en entourant son affirmation de prudentes réserves, semble disposé à le considérer, non seulement comme un type archaïque, déjà très vieux à l'époque moustérienne, mais comme un *dégénéré*. Nous redoutons que ce

(1) Keith, Arthur, *The antiquity of Man*, p. 108.

mot commode ne fasse trop rapidement fortune. On ne voit pas trop d'ailleurs sur quoi il s'appuie.

Si le néanderthalien est un dégénéré, c'est qu'avant lui ont vécu des ancêtres physiologiquement mieux adaptés à leurs fonctions. De ces ancêtres, on n'a jusqu'à présent trouvé nulle trace (1).

L'industrie moustérienne, quoi qu'on en ait dit, ne marque nullement une régression par rapport aux industries des niveaux antérieurs, et le néanderthalien, chasseur de mammouths, paraît avoir été suffisamment adapté à la vie très dure de l'époque glaciaire. En tout cas, il a résisté à la transformation climatérique et zoologique des débuts du moustérien, et nous ne croyons pas qu'on ait jamais essayé de découvrir, par comparaison des différents squelettes néanderthaliens, des traces de *décadence* dans leur ostéologie (2).

Peut-être M. Boule déprécie-t-il plus que les documents ne le permettent cet homme de Néanderthal. Il estime que « probablement il ignorait tout outillage en bois » (3), il parle de « l'absence probable de toutes traces de préoccupation d'ordre esthétique ou d'ordre moral » (4). Il ajoute : « il est donc probable que l'*homo neanderthalensis* ne devait posséder qu'un psychisme rudimentaire » (5).

(1) Nous parlerons plus loin de la mâchoire de Mauer. Personne ne peut dire qu'elle soit moins dégénérée, ou moins grossière ou moins bestiale que celle de la Chapelle-aux-Saints. C'est bien plutôt le contraire qui apparaît. Dès lors, même au cas où l'*Homo Heidelbergensis* serait un ancêtre du *Neanderthalensis*, on ne pourrait encore parler de dégénérescence chez ce dernier.

(2) Pour M. Rutot le type de Néanderthal « représente les derniers descendants de la race des Précurseurs, qui n'ont pu, par manque d'évolution cérébrale suffisante, accéder à l'Humanité, pauvres êtres dégradés et avachis par le long esclavage qu'ils ont dû subir depuis l'avènement de l'Homme paléolithique, c'est-à-dire depuis l'aurore des temps quaternaires » (*La Préhistoire*, 1re partie, p. 66). Il est superflu de remarquer que cet esclavage est aussi mythique que la race des Précurseurs, dont on nous dit pourtant : « on conçoit qu'il nous a été facile de reconstituer l'aspect des vrais Précurseurs de l'Ère tertiaire » (Id., *ibid.*). Le Néanderthalien, pour M. Rutot, n'est qu'un *type à facies humain*.

(3) p. 238.

(4) *Ibid.*

(5) p. 237.

Ces conclusions ont, avec raison, semblé trop dépourvues de nuances à des spécialistes compétents, et notamment aux éminents archéologues qui découvrirent l'homme de la Chapelle-aux-Saints (1).

Comment pourrait-on affirmer, même avec des réserves, que les moustériens ignoraient l'outillage en *bois* ? Gabriel de Mortillet — dans un tout autre esprit d'ailleurs — assurait aussi que « du chelléen jusqu'à la fin du magdalénien et au tourassien la religiosité avait fait complètement défaut à l'homme » (2) ou bien que « l'homme chelléen allait complètement nu » (3).

Ces affirmations sont dangereuses. Et il ne faut pas sortir de la phrase même où M. Boule les énonce pour le montrer. Si nous comprenons bien ce qu'il dit, les néanderthaliens ont ignoré l'outillage en os, tout autant que l'industrie en bois. Il est bien difficile de le soutenir. Nous nous bornons à rappeler les fouilles de la Quina, qui ont livré des phalanges de cheval ou des os de bison assez nettement utilisés, ou bien celles d'Eugène Pittard à Ourbière, en plein moustérien, donnant des épiphyses et des phalanges utilisées comme outils. Il y en a d'autres (4).

On nous parle de l'absence probable de toutes traces de préoccupation d'ordre esthétique ou d'ordre moral. Il est bien difficile de soutenir pareille conclusion, sans sacrifier de propos délibéré un certain nombre de documents capitaux. Pour ce qui concerne les préoccupations esthétiques, il suffirait d'invoquer les fragments de matière colorante trouvés dans des gisements moustériens, sans que rien puisse faire douter de leur position stratigraphique.

Et si on assure que le néanderthalien est étranger aux préoccupations d'ordre moral, il faut, pour le soutenir, rejeter comme douteuses ou mal observées toutes les sépultures intentionnelles — et ceci ressemble à un coup d'état bien en dehors des habitudes critiques et de la méthode objective de M. Boule.

(1) A. et J. Bouyssonie, dans REVUE PRATIQUE D'APOLOGÉTIQUE, t. XXXII, 1r avril 1921, p. 57 et suiv.

(2) *Le Préhistorique*, 3e éd., 1900, p. 333.

(3) *Ibid.*, p. 327.

(4) Cf. Déchelette, *op. cit.*, p. 747.

Le cas des squelettes de Spy n'est peut-être pas très clair, bien que l'hypothèse de l'écrasement sous les éboulis soit infiniment plus invraisemblable que celle de la sépulture, les corps se trouvant couchés sur la terrasse à six mètres *en avant* du surplomb rocheux (1).

Les frères Bouyssonie affirment de façon absolue l'existence d'une sépulture intentionnelle pour l'homme de la Corrèze. Et on avouera qu'ils sont bien placés pour porter sur ce point un témoignage (2).

M. Peyrony n'est pas moins explicite pour les squelettes d'enfants de la Ferrassie (3).

Pour l'homme du Moustier, nous ne voyons pas qu'il y ait moyen de nier l'inhumation intentionnelle. Il est très vrai que la personne de O. Hauser, l'auteur de la découverte, n'est pas très sympathique : il est très vrai que par son indélicatesse et ses grossièretés il a tout fait pour s'aliéner les savants français : il est très vrai que les extravagances, dont ses livres sont remplis, ont fait hocher la tête même aux savants germaniques (4), mais il ne s'agit pas ici de conclusions ou de théories, il s'agit de constatations, de constatations faites en public,

(1) Robert Munro déclare que d'après Fraipont et Lohest la sépulture intentionnelle pour ce qui regarde l'homme de Spy est « inadmissible » (*Palæolithic man and Terramare settlements in Europe*, 1912, p. 125). Fraipont et Lohest n'ont rien dit de pareil ; ils ont dit que « l'opinion tendant à considérer les hommes de Spy comme ayant été ensevelis par leurs successeurs du second niveau était purement hypothétique » (*Recherches ethnographiques sur des os humains*, 1887, p. 668). Hoernes admet pour les squelettes de Spy « eine regelrechte quartäre Bestattung » (*Natur- und Urgeschichte des Menschen*, 1909, I, p. 224). Bumüller parle de « fosses funéraires » (*die Urzeit des Menschen*, 1914, p. 79), etc.

(2) Hrdlicka déclare qu'il n'y a aucun doute à garder sur le caractère intentionnel de la sépulture à la Chapelle-aux-Saints. (*The most ancient skeletal remains of man*. From the SMITHSONIAN REPORT FOR 1913, p. 559).

(3) *Éléments de préhistoire*, p. 43. L'abbé H. Breuil, dont tout le monde reconnaîtra la compétence en pareille matière, et qui put voir en place les squelettes d'enfants de la Ferrassie, a déclaré que pour lui aussi la sépulture intentionnelle était certaine.

(4) Cf. p. ex. Carl Schuchhardt rendant compte dans la PRÄHISTORISCHE ZEITSCHRIFT (VIII. Bd. 1916) du livre de Hauser, sur : *la Micoque, die Kultur einer neuen Diluvialrasse*.

devant un bon nombre de personnes qualifiées et qui se trouvaient réunies tout exprès pour observer le gisement et assister à l'extraction du squelette. Ce squelette — un individu de 16 ans environ — était couché dans l'attitude du sommeil, le bras droit replié sous la joue. Sous la tête du mort se trouvait une sorte de chevet ou d'oreiller, composé de plaquettes de silex et disposé avec grand soin. Personne, à notre connaissance, n'a encore essayé de contester sérieusement la matérialité de ces faits. Keith considère que l'inhumation intentionnelle est absolument hors de doute (1).

La question n'est pas tout à fait sans importance et, si elle semble secondaire du point de vue de la paléontologie, elle devient presque capitale quand on passe à l'anthropologie préhistorique proprement dite. Tout ce que nous réussissons à enlever aux ténèbres qui enveloppent cette lointaine période de l'humanité, est d'une valeur inestimable, et il est aussi dangereux pour la science de supprimer une constatation authentique que d'admettre une conclusion gratuite.

Cette petite chicane une fois liquidée, revenons à l'homme de Néanderthal.

Nous l'avons dit déjà : entre lui et les hommes actuels, nous devrions, si la série est unilinéaire, pouvoir intercaler les types de transition, ou tout au moins laisser *en blanc* de longues suites de siècles. Or, c'est ce qui est presque impossible.

Entre l'homme de Néanderthal, tel que nous l'avons décrit, et les hommes modernes, la transition n'existe pas, déclare M. Boule. Le « *néanderthaloïde* » proprement dit n'est qu'une imagination ; c'est un faux néanderthalien, c'est-à-dire un individu de type moderne, remarquable par la présence accidentelle de quelques traits morphologiques, exagérés normalement chez l'homme de Néanderthal (2).

C'est une thèse capitale dans l'ouvrage de M. Boule. L'*Homo sapiens* ne peut se déduire de l'*Homo neanderthalensis* (3), tout d'abord parce que les termes d'une série intermédiaire font absolument défaut.

(1) *Op. cit.*, p. 114.

(2) p. 245.

(3) Le dernier numéro de l'ANTHROPOLOGIE (t. XXXI, n. 1-2, p. 181-2), nous apprend que le Dr Eugène Dubois, bien connu par la découverte du Pithécanthrope, vient de communiquer à l'Académie

Tout le monde n'acceptera pas cette sentence que n'accompagne d'ailleurs aucune discussion directe des cas de transition si souvent allégués. M. Boule les rejette en bloc. Oserions-nous dire que nous aurions souhaité une critique plus détaillée ?

Qu'on ait abusé du néanderthaloïde et qu'on ait parlé de survivance atavique quand il ne s'agissait que d'anomalies individuelles, c'est bien évident, et l'ouvrage de M. Boule rendra les anthropologistes plus circonspects. En 1883, donc avant les découvertes de Spy, Houzé déclarait rencontrer un nombre relativement assez grand de crânes — franchement néanderthaloïdes — dans les squelettes exhumés du cimetière urbain du Sablon à Bruxelles — squelettes dont les plus anciens ne pouvaient dépasser le XIVe siècle ! (1)

L'épithète de néanderthaloïde ainsi appliquée ne produit que de la confusion. Mais des savants de valeur ont cru que certains débris préhistoriques se rapprochaient morphologiquement des néanderthaliens, et M. Boule — dans son livre tout au moins — n'a pas discuté leurs opinions. Parlant des hommes de Predmost (Moravie), A. Hrdlicka, qui a fait une étude spéciale de tous les fossiles humains connus, déclare qu'ils représentent *in a measure* la transition si longtemps cherchée entre le type de Néanderthal et les hommes récents.

Obermaier, décrivant la mandibule de Bañolas, lui trouve les caractères du type de Néanderthal, mais plus évolués que chez l'homme de la Chapelle-aux-Saints ou chez celui de Malarnaud. La saillie mentonnière, totalement absente chez ceux-ci, commence à se montrer sur le fossile espagnol (3)

Branca, travaillant, il est vrai, sur des photographies et des moulages, intercale bravement un type métis entre le type paléolithique inférieur (Le Moustier, Krapina, la Chapelle-aux-Saints) et le type supérieur (Otrante, Menton : grotte des Enfants ; Galley Hill). Dans ce groupe métis il

d'Amsterdam des conclusions sur deux crânes humains quaternaires trouvés par lui à Java, en 1890 et que l'étude de ces pro-australiens confirme absolument la thèse de M. Boule.

(1) BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ ANTHROPOL. DE BRUXELLES, t. I, 1882 - 1883, p. 21.

(2) *Op. cit.* p. 551.

(3) *Ibid.*, p. 38.

place les négroïdes de Grimaldi et, avec un peu d'hésitation, l'homme de Combe-Capelle (1).

Cette construction du professeur berlinois est sans doute bien fantaisiste, et sa date, 1910, ne l'excuse pas. Nous aurions voulu pourtant que M. Boule discutât, non pas nécessairement toutes ces tentatives, mais les plus sérieuses d'entre elles et montrât au lecteur, même non spécialiste, que le néanderthaloïde n'existe pas. Les profanes seront stupéfaits de lire, par exemple, dans Robert Munro que les magdaléniens apparaissent comme les descendants de la race de Spy-Néanderthal (2) et dans M. Boule que la race de Néanderthal est un rameau desséché (3).

Il faut que même les profanes aient le moyen d'apprécier la valeur respective de ces affirmations.

Fixité du type néanderthalien dans les individus qui le représentent sûrement ; absence de formes de transition au paléolithique ; si ces deux faits sont admis, nous n'avons plus, pour faire du Néanderthalien l'ancêtre des hommes modernes, qu'une seule hypothèse à risquer. Spéculant sur la longue durée des temps quaternaires et sur le petit nombre de fossiles conservés, nous supposerons que pendant des siècles, dans l'obscurité de la préhistoire, tout un travail a pu se poursuivre dont aucun indice ne nous est parvenu. Néanderthal aurait évolué sans que nous ayons pu jusqu'ici en saisir la preuve matérielle. Attendons donc, et réservons entre l'homme de la Chapelle-aux-Saints et ses successeurs, une série de siècles *en blanc*. Les découvertes futures viendront peut-être s'y ranger et combler la lacune.

Impossible encore ! En effet, à l'époque même où vivait le Néanderthalien ou à une époque très voisine, nous constatons la présence d'au moins deux races, beaucoup plus différentes des néanderthaliens que de nos types actuels, et qui paraissent bien représenter les formes ancestrales des Européens et peut-être des Africains d'aujourd'hui. La race de Grimaldi — négroïde —représentée par deux sque-

(1) *Der Stand unserer Kenntnisse vom fossilen Menschen.* Leipzig, Veit, 1910.

(2) *Op. cit.*, p. 199.

(3) p. 445-446, 463, 245.

lettes que le chanoine de Villeneuve, directeur des fouilles du Prince de Monaco, découvrit dans une grotte près de Menton ; la race de Cro-Magnon (près des Eyzies, Dordogne) abondamment connue par les trouvailles de Laugerie Basse, de Duruthy, de Menton, et de la grotte des Enfants (Grimaldi), voici au moins, pour ne parler ni de Chancelade, ni de Combe-Capelle, deux rameaux ethniques qu'on ne peut dériver des néanderthaliens. Ces hommes apparaissent en nombre imposant, avec un outillage spécial, des préoccupations artistiques ignorées jusqu'alors, une constitution anatomique très différente, et cela dès le début du paléolithique supérieur. D'où viennent-ils ? Visiblement, leur origine se place bien avant l'extinction de leurs prédécesseurs, les néanderthaliens. Les diverses formes ont dû coexister dans le temps et l'archéologie préhistorique nous refuse les siècles *en blanc* que nous postulions. Le type moderne et le néanderthalien sont *imbriqués*, ils apparaissent comme des collatéraux et c'est vers une origine commune qu'il faut s'orienter, vers un point obscur et très reculé d'où la divergence initiale entre les différents phylums se serait produite.

Décidément le petit schéma unilinéaire plaçant l'homme actuel dans le prolongement du Néanderthalien, doit être non seulement retouché mais aboli. L'homme de l'âge du renne est le successeur, il n'est pas le descendant, du vieux chasseur de mammouth moustérien.

Il serait très intéressant, au point de vue archéologique et ethnographique, de suivre l'évolution de ce chasseur de renne. Dans les musées, ce sont les vitrines, où se trouvent classées ses reliques, qui retiennent le plus facilement l'attention des visiteurs. L'artiste magdalénien, qui sculpte l'os et l'ivoire ; l'habitant des cavernes, qui a peint et gravé sur les parois obscures de ces retraites les scènes de chasse, les figures d'animaux, les portraits de sorcier ou d'esprit (1) ne nous a pas encore livré son dernier mot. Il est vraiment étrange qu'en Belgique, par exemple, dans les grottes où les

(1) Cf. Comte Begouen et abbé Breuil, *Un dessin relevé dans la caverne des Trois Frères à Montesquieu — Avantès* (Ariège). COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES INSCRIPTIONS ET BELLES-LETTRES, 1920, p. 303.

niveaux magdaléniens typiques sont richement représentés — comme à Goyet — on n'ait pas encore relevé une seule gravure pariétale. Si on osait se hasarder à prédire en une matière aussi déconcertante que la préhistoire, on affirmerait volontiers que de pareilles gravures *doivent* exister et que ceux qui les chercheront, d'un œil exercé, les trouveront.

Mais, si intéressants que soient les chasseurs de renne, l'anthropologiste, le paléontologiste surtout les trouve trop proches de nous, trop « modernes » malgré leur fabuleuse antiquité pour pouvoir l'arrêter longtemps. C'est par delà l'homme de Néanderthal qu'il aspire à regarder ; c'est en dessous du moustérien qu'il veut trouver l'homme fossile. Le chelléen et l'acheuléen, même si on les condense avec le moustérien inférieur pour en faire un seul groupe (1), représentent cependant un niveau plus ancien que celui de l'*Homo neanderthalensis*. C'est ce niveau qu'il faut scruter. Il a jusqu'à présent fourni des outils de silex par milliers, mais les débris humains, rencontrés dans ces couches, sont tellement rares que chacun d'eux en gagne une valeur documentaire inestimable. Que nous apprennent-ils ?

La mâchoire de Mauer, près d'Heidelberg, trouvée en 1908 par Otto Schoetensack, à 24 mètres au-dessous de la surface du sol dans les sables fluviatiles de l'ancien lit du Neckar, paraît bien rentrer dans la morphologie générale des néanderthaliens. La dentition est humaine ; la mâchoire elle-même ressemble terriblement à celle des singes, et la saillie mentonnière, naissante chez l'homme de Bañolas, nulle chez le néanderthalien typique, est ici négative si on peut dire : la base du menton fuyant d'avant en arrière.

On peut placer ce spécimen sur la même ligne de développement que l'homme du Moustier, et en amont de celui-ci. Mais il faut remarquer que nous n'avons affaire qu'à un débris isolé et que toutes les conclusions générales sont ici sujettes à caution.

Cette restriction est d'autant plus nécessaire que les fouilles de Piltdown (Sussex) nous mettent en présence d'une véritable énigme. Le P. Teilhard, qui découvrit en août

(1) Cf. Moritz Hoernes, *Der diluviale Mensch in Europa*, 1903, p. 26 sq.

1912 la canine de l'homme du Sussex, a exposé ici même l'état de la question (1). Nous ne pouvons que renvoyer les lecteurs à ces pages lumineuses. Depuis lors, les fouilles ont été continuées. Smith Woodward a découvert un second crâne, dans le même gravier pleistocène, et possédant les mêmes caractères morphologiques (2).

Peut-être — ce n'est pas jusqu'à présent l'avis de M. Boule et nous ne l'en blâmons point — peut-être faudra-t-il admettre bientôt que la race de Piltdown, très différente des néanderthaliens, très différente par la mâchoire et l'épaisseur du crâne des races modernes, est bien une race ; une race déterminée dans ses caractères comme les autres races paléolithiques déjà connues, et le problème, en s'enrichissant d'une donnée nouvelle, se compliquera davantage. Ce qu'il faut d'abord, ce sont des fouilles et encore des fouilles. Les discussions, en archéologie, ne peuvent progresser ou se clore que sous l'influence immédiate des faits décisifs. Si on n'avait pas découvert les squelettes de Spy, le crâne de Néanderthal aurait continué à passer pour un crâne anormal, un crâne d'idiot, comme disait Virchow.

L'*Eoanthropus* est certainement très mal nommé ; mais est-il sûr qu'il est un spécimen composite, un groupement artificiel d'un crâne humain et d'une mâchoire de chimpanzé ? Puisque jusqu'à présent les deux pièces n'ont pas encore été trouvées en connexion anatomique, il est prudent de ne pas affirmer plus que ce qui a été constaté ; mais il est sûr que la coexistence sur une aire restreinte de ces débris appartenant à des êtres différents, très rarement représentés à l'état fossile, et dans une couche très pauvre elle-même en ossements, est fort étrange et impossible à réaliser plusieurs fois.

Les graviers de l'Ouse semblent donc bien avoir livré des fossiles au moins acheuléens.

Les environs de Weimar (vallée de l'Ilm) : Taubach, Ehringsdorf ont fourni des dents, très différentes de celles de Mauer, et une mandibule, d'époque acheuléenne, que l'on peut, semble-t-il, rapporter au groupe de Néanderthal.

(1) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janv. 1920, p. 149.

(2) *On a second skull from the Piltdown gravel*, dans : QUARTERLY JOURNAL OF THE GEOLOGICAL SOCIETY, vol. LXXIII, part. I. 1917.

Plus loin, c'est le Pithécanthrope de Java qui apparaît ; mais on en a parlé si souvent — et dans cette REVUE même — que nous pouvons nous contenter de le mentionner.

Plus loin encore ce sont les groupes de singes fossiles, encore peu connus, et qui, jusqu'à présent, n'apportent pas beaucoup de lumière sur l'époque de l'apparition de l'homme au milieu des primates, ni sur les formes originelles de ce nouveau venu. On peut dire qu'à partir du Néanderthalien nous sommes dans la nuit noire. La nuit porte au rêve. Il nous faut bien ajouter, pour être tout à fait sincère, que sur cette question des origines humaines, M. Boule s'est permis de rêver quelques pages. Pourquoi les a-t-il rédigées en termes philosophiques ?

Beaucoup de lecteurs s'y méprendront et ce sera grand dommage. Ces conclusions générales (1) auraient, si on les avait enlevées, fait *gagner* au volume une bonne trentaine de pages. La philosophie qu'elles exposent ou plutôt qu'elles racontent, est vraiment trop sommaire. Nous préférons ne pas les discuter ici. Ce malheureux chapitre peut d'ailleurs se détacher sans peine, et sa présence n'enlève rien aux très solides qualités de cette œuvre vraiment admirable.

Nous essaierons nous-même de tirer quelques conclusions générales sur l'anthropologie préhistorique, quand nous aurons fait connaître aux lecteurs de la REVUE le travail du P. Mainage sur les Religions de la Préhistoire.

Deux choses sont certaines : c'est d'abord l'immense complexité de toutes les questions qui touchent à ces lointaines origines de l'humanité.

Et c'est aussi l'effrayante étendue des lacunes, que le progrès même des sciences préhistoriques signale et précise chaque jour.

Nous commençons à peine à entrevoir quelque chose de la préhistoire de l'Européen occidental. L'Asie est muette. Des ancêtres pleistocènes des nègres nous ne savons presque rien ; des Australiens fossiles nous avons peut-être quelques fragments. L'Amérique elle-même est un mystère. En réfutant les théories d'Ameghino, M. Boule l'a montré une fois de plus.

(1) p. 434-464.

Mais la méthode existe : l'instrument est créé ; la liaison entre les travailleurs s'établit — et la fascination même de cet immense passé, qui dort dans la brume des millénaires, est un merveilleux stimulant. Tous les espoirs restent donc permis.

PIERRE CHARLES, S. J.

III

NOTES D'ENTOMOLOGIE COMPARÉE

—

Parmi les abonnés qui ont lu dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES les articles de feu H. Fabre sur *les mœurs des insectes de la Provence*, combien ont eu l'occasion, ou le loisir, de contrôler ces observationsme rveilleuses ? Si plusieurs espèces méridionales n'existent pas en Belgique, tels le *Sphex* du Languedoc, grand chasseur de locustes ou le *Chalicodome* de Réaumur, cette belle abeille maçonne solitaire qui, comme son nom l'indique, construit sa maison en béton, en mortier et en cailloux, nous possédons cependant des espèces voisines dans nos campagnes, voire même dans nos jardins.

Telles les abeilles maçonnes du genre *Osmie* qui apparaissent aux premiers rayons du soleil printanier et dont la fourrure rouge ou fauve attire l'attention des promeneurs ; les abeilles tapissières qui découpent artistement les pétales ou les feuilles des rosiers et des pavots pour garnir leur loge et protéger leurs œufs. Telles aussi les diverses guêpes solitaires et fouilleuses de la famille des *Sphegides*, comme les *ammophiles* des sables, chasseurs de chenilles infatigables que l'on voit sur les talus traîner leur proie souvent plus

(1) Nous renvoyons, pour plus amples renseignements, à nos articles publiés dans cette REVUE, à diverses époques, notamment sous le titre : *Les hôtes de mon talus, les visiteurs d'un saule Marseau, les instincts des hyménoptères, les parasites de l'agriculture en Europe et aux États-Unis* (1883).

pesante qu'elles. Les *pélopées*, grands chasseurs d'araignées comme les *pompiles*, ces danseurs aux ailes frétillantes et les *euménines* ou *odynères*, qui fabriquent des cheminées ajourées, travaillées avec art, à l'instar des *anthophores*, espèce d'abeilles sauvages avec lesquelles elles voisinent souvent à la surface des talus du limon hesbayen.

Nous avons, en 1900, signalé dans nos ANNALES l'abondance exceptionnelle en Brabant de la guêpe appelée à juste titre le *loup des abeilles* (*Philanthe apivore*) parce qu'elle dépeuple les ruches. Elle fond sur sa proie comme un aigle et l'emporte au vol dans son terrier pour nourrir ses larves. Depuis lors, nous n'avons plus jamais observé cette espèce sur nos talus sablonneux, de même qu'ont disparu les cheminées si remarquables des *anthophores* et des *odynères*.

C'est un phénomène digne de remarque que cette disparition périodique de certains insectes, parfois très communs dans nos régions.

Aussi le beau papillon blanc veiné de noir (Leuconia cratoegi) que l'on appelle vulgairement le *gazé*, a complètement disparu depuis 1890 des prairies qui bordent la Dyle de Wavre à Genappe. Le même phénomène a été signalé en Allemagne par Brehm (édition française par Kunkel d'Herculaïs) en 1882 (*Les insectes*).

Autrefois les grands ichneumons à tarière qui pondent dans le corps des chenilles des *Sphynx* et des *Bombyx*, se capturaient fréquemment dans la région ; aujourd'hui, ils sont devenus très rares, depuis que les grands papillons ont disparu pour la plupart à cause du déboisement continu et du tondage trop précoce des haies d'aubépines ou de troènes.

On y voyait voler aussi ces superbes papillons de jour, nymphales irisées (apatura iris) ; la vanesse veloutée (V. *Antiopa*) à côté des grands argynnes nacrés qui ont également disparu.

Par contre, nous avons réussi, en cultivant certaines fleurs, à multiplier des espèces très recherchées des amateurs. Tels le joli petit sphinx gazé habillé de vert et de pourpre dont la chenille vit sur les chèvre feuilles et qui butine sur les crucifères, les gros sphinx du liseron et tête de mort (atropos) attirés le soir par le parfum capiteux du tabac odorant

Le sphinx *atropos* se retrouve dans les deux hémisphères. Aux États-Unis, on en signale une variété noire dont la chenille dévore les feuilles de tabac et dont le papillon se prend sur les ruches dont il suce le miel au vol en éventant et endormant, dit-on, les abeilles avec les ailes. Mais malheur à lui s'il s'endort à son tour, lorsqu'il est gorgé, car les abeilles en se réveillant à l'aube, ont tôt fait de l'ensevelir sur place dans la cire.

Par contre, les abeilles sauvages et solitaires laissent pénétrer impunément dans leurs cheminées les guêpes parasites et autres insectes qui dévorent leur miel et tuent leur progéniture : les chrysides dorés, les œlioxys, les mélectes, les anthrax noirs, les Bombyles, etc. Nous avons constaté souvent le fait, après Fabre, dans les nids de diverses espèces d'anthophores, telles que *A. Retusa et Aestivalis*, et des euménines.

Les nids des bourdons et des guêpes sociales, comme les frelons, sont aussi parasités de la même façon par une mouche qui présente un curieux exemple de *mimique* (mimétisme), c'est-à-dire d'imitation de costume.

Tandis que les espèces de *volucelles* qui s'attaquent aux nids des bourdons, portent des livrées jaune et rouge, celles qui s'attaquent aux frelons imitent parfois à s'y méprendre leurs costume et couleurs (1).

Chose curieuse, un papillon dont la larve vit dans les bois des peupliers, comme les cossus *(sercia apiformis)* revêt la même livrée à peu de chose près ; mais ici, l'imitation du frelon n'a pour but que de protéger l'insecte, qui vole lourdement, et ce n'est qu'un parasite des arbres habités par les oiseaux insectivores.

Les *intentions* de la nature sautent aux yeux dans cette double mascarade, comme dans les nombreux exemples de *mimétisme* décrits par Wallace, aux pays exotiques (papillons); ce naturaliste, précurseur de Darwin, a tenté depuis d'expliquer par le *spiritisme* ces preuves si évidentes des intentions du Créateur qui se manifestent partout dans les mœurs merveilleuses des insectes, lesquels semblent pré-

(1) *Volucelles Zonaria*, femelle capturée sur les fleurs de l'Eupatoire, à Ottignies, le 1er août 1891.

voir l'avenir pour assurer la vie de leur progéniture et connaître mieux que nous l'anatomie et la biologie des articulés. Qui donc leur a appris à endormir leur proie sans la tuer, par le poison versé par leur tarière dans les centres nerveux des insectes capturés, pour servir, après la mort des pondeuses, à nourrir leurs larves ? Qui donc leur a enseigné à ne donner qu'autant d'injections qu'il y a de ganglions centralisant et commandant les mouvements de chaque espèce, comme Henri Fabre l'a si bien démontré dans ses études des mœurs des hyménoptères fouisseurs ?

Bon nombre de naturalistes n'hésitent pas, depuis Lamark et Dujardin (1), à attribuer ces instincts prodigieux à l'intelligence des insectes, comme l'ont fait Marcellin Berthelot et John Labbock pour les fourmis. Ainsi des insectes qui n'ont qu'un rudiment de cerveau (alors qu'on enseigne ailleurs que *l'intelligence est fonction du développement du cerveau*) auraient plus d'intelligence que l'homme ! Ces théories ne résistent pas à l'examen des faits : comme le dit très bien M. Charles Richet, « il semble au contraire que *l'instinct* automatique, inconscient, se développe dans la série animale, *en raison inverse de l'intelligence* ». « L'araignée tisse sa toile merveilleuse, dit-il, sans savoir pourquoi, pas plus que les guêpes et les abeilles qui nous étonnent par leurs industries et leurs arts ».

Dès qu'on écarte l'insecte du cycle ordinaire de ses mouvements en vue de la conservation de l'espèce, il se montre absolument stupide, ainsi que H. Fabre l'a si bien démontré pour les abeilles, et d'autres bons observateurs pour les fourmis. Que des poètes panthéistes, comme notre Maeterlink, s'amusent néanmoins à soutenir le contraire et même à affirmer *l'intelligence des fleurs*, qui se manifesterait dans leurs divers modes de reproduction, nous ne pouvons que sourire de leur crédulité. Voltaire était plus clairvoyant quand il découvrit dans ces horloges vivantes, la preuve de l'existence d'un divin horloger.

Swammerdam avait-il tort d'intituler ses belles recherches sur les articulés : « *La théologie des insectes* ou *la Bible de la Nature* » ?

(1) Dujardin, *Promenade d'un naturaliste*, 1837.

Qui donc oserait soutenir que les nombreuses actions réflexes qui assurent, *à notre insu*, dans le corps humain, depuis la naissance, le fonctionnement des organes de la vie de relation et de la vie végétative démontrent l'intelligence de ces organes si admirablement coordonnés par le Créateur ? Chez les insectes, comme chez les oiseaux, il semble qu'il existe des sens plus délicats que les nôtres, leur permettant de s'orienter dans l'espace et de retrouver leurs nids à grande distance. Les chasseurs d'abeilles en Amérique utilisent l'observation de ces facultés pour découvrir les essaims dans les forêts et les prairies. H. Fabre en cite de nombreux exemples dans la série des *apides* et des *vespides* solitaires.

Nous avons fait suivre à nos élèves les évolutions sur nos sables bruxelliens du *Bembex à bec* (B. rostrata) qui, contrairement à la plupart des espèces congénères, élève ses petits en leur apportant la becquée, comme les oiseaux, au jour le jour, dans des souterrains cachés sous des pierres. La proie consiste en mouches de divers genres, notamment des gros taons qui abondent en été près de nos prairies et se reposent volontiers sur nos vêtements sombres et à l'intérieur des parasols noirs. Un coup sec sur la soie tendue, vous avertit de la capture d'un taon par le *bembex* qui fond sur sa proie comme l'aigle ou l'épervier. Ces manœuvres se répètent parfois à très courts intervalles. Chaque fois le chasseur se laisse choir avec sa proie pour l'emporter ensuite vers son terrier bien caché sous une dalle qu'il reconnaît sans hésiter au milieu de beaucoup d'autres dans nos sables du Brabant et de Campine (observé à Westerloo, 1893).

Une autre guêpe solitaire, que nous avons fait observer souvent dans les allées durcies du jardin botanique de Louvain, est le *Cerceris* des charançons qu'on voit revenir à son terrier portant sous le ventre diverses espèces de ce genre (telles que les *phytonomus* et les *sitones*) ou le *cerceris* des abeilles solitaires (*Andrenes* et *halictes fouilleurs*). Le poison hypnotiseur des *cerceris*, toujours reconnaissables à leur abdomen crénelé — dont le premier segment forme une nodosité détachée des autres — est introduit par la femelle entre le 1er et le 2e anneau du thorax. Cette femelle diffère

donc essentiellement par ses mœurs du *loup* des abeilles, qui tue ses victimes avant de les enterrer. Les cerceris chasseurs de coléoptères n'apportent guère à leur nid que des proies fraîchement écloses et ils les enterrent profondément.

Il existe dans le Midi de la France une espèce de cerceris qui fait la joie des collectionneurs. C'est le *cerceris* des *buprestes (C. bupresticida)* observé par Léon Dufour en 1896 (ANNALES DES SCIENCES NATURELLES), et que nous avons retrouvé dans les forêts de pins maritimes sur les fleurs des ombellifères aux côtés du loup des abeilles (1).

Comme nos cerceris, ils creusent leurs galeries profondes dans le sol durci des allées des jardins et y enterrent des collections des plus magnifiques et des plus rares buprestes connus dans le Midi, à l'exclusion d'autres espèces de coléoptères.

« La plus minime erreur n'est jamais commise par ce savant hyménoptère déprédateur », écrit Léon Dufour, qui énumère une dizaine d'espèces de buprestes plus brillants et plus rutilants les uns que les autres, trouvés au fond des galeries où se nourrissent et se métamorphosent les larves du *cerceris*. « Tous les exemplaires de buprestes restés entiers avaient la tête tordue et restaient aussi frais que s'ils venaient d'éclore, ce qui fait croire qu'ils sont également embaumés par le poison conservateur distillé par les glandes à venin de la femelle ».

« Quel prix, conclut Léon Dufour, Latreille n'aurait-il » pas attaché au suffrage de cette cerceris en faveur de la » *méthode naturelle !* Quelle critique n'y voyons-nous pas de

(1) C'était en 1901. Nous avons aussi expédié cette année des sapinières d'Arcachon à l'Institut agricole de Gembloux, un nid de processionnaires du pin, dont H. Fabre a décrit dans nos colonnes les mœurs singulières qui démontrent clairement l'inconscience de ces insectes *tournant toujours dans le même cercle* sans pouvoir en sortir lorsqu'on leur coupe le chemin habituel du retour sur les pins maritimes. Faisaient partie de ces envois de belles abeilles *Xylocope* ou *perce-bois*, si communes dans le Midi, où nous avons eu le plaisir d'observer leurs galeries et leurs éclosions *même en hiver* dans les vieux bois d'olivier et d'oranger. Réaumur et Lepelletier et d'autres en ont signalé les mœurs merveilleuses au moment de la ponte. On les capture rarement en Belgique, mais elles sont communes aux environs de Paris.

cette *manie germanique* de multiplier les noms des genres en détruisant jusqu'à celui du type principal pour surcharger la mémoire de noms plus ou moins baroques !

Nous n'avons cessé de protester pour notre part dans divers congrès contre l'adoption des nouveaux catalogues de plantes et d'insectes publiés par les Allemands depuis un demi-siècle et qui rendent l'étude de la zoologie et de la botanique inabordable aujourd'hui au grand nombre d'amateurs.

Il suffit de parcourir les nouveaux traités d'entomologie et de botanique descriptive pour s'en convaincre, mais le fétichisme de la science germanique s'était tellement développé chez les spécialistes, avant la guerre, qu'il était superflu d'insister. Puissions-nous en revenir aux classifications françaises si claires et si simples, ne fût-ce que pour favoriser la vulgarisation des sciences naturelles !

A. Proost

BIBLIOGRAPHIE

I

L'Idéal scientifique des mathématiciens, par P. Boutroux, Professeur au Collège de France. — Un vol. de 274 pages (19 × 12) de la Nouvelle Collection scientifique. — Paris, Alcan, 1920.

Quelle idée les mathématiciens se font de leur science, quel dessein ils poursuivent, par quels principes ils dirigent leur activité, voilà ce que se demande l'auteur. Ce sont questions de fait, touchant exclusivement la genèse et le développement des mathématiques pures ; il veut les résoudre en dehors de tout système philosophique, en historien. Il a donc étudié les découvertes mathématiques dans leur milieu, avec leurs antécédents et les conséquences immédiates qu'en tirèrent leurs auteurs ou les disciples de ceux-ci. A cette observation objective des œuvres, il a joint d'ailleurs soigneusement toutes les indications échappées aux savants sur leurs préoccupations et sur leurs règles de travail.

A l'appui de la synthèse historique qu'il trace ici à grandes lignes, M. P. Boutroux peut citer son remarquable ouvrage *Les Principes de l'Analyse mathématique, exposé historique et critique* (1).

L'évolution des conceptions directrices des mathématiciens s'opéra surtout aux trois époques les plus marquantes de l'histoire des mathématiques : celle de la science hellénique, la fin du XVIIe siècle, l'époque contemporaine.

Les Grecs ont, en Mathématiques, recherché et cultivé ce qui est simple, ce qui est beau, ce qui est harmonieux dans

(1) 2 volumes. Paris, Hermann, 1914 et 1919.

les propriétés des nombres et des figures géométriques. Mais, vu l'impossibilité de contempler dans une intuition ces vérités sereines, vu la nécessité de les exposer successivement, de les déduire, ils se sont attachés aussi à la méthode logique, et en ont fait un de leurs objets d'étude préférés. Leur dédain pour les applications concrètes et leur manière de raisonner par constructions géométriques les empêchèrent de découvrir que la grandeur spatiale et le nombre arithmétique appartiennent au même ordre de notions et se plient à des règles communes de calcul.

Les progrès rapides des mathématiques à la fin du XVIIe siècle consistent dans la création de l'algèbre moderne et son développement, pour le domaine fini d'abord, ensuite pour celui de l'infini. L'algèbre est caractérisée, non par son objet mais par sa méthode : technique d'opération, rapide, sûre, mécanique. En prévoyant son application directe à l'étude des propriétés géométriques, Descartes et Leibniz ouvrent la voie aux recherches de synthèse. La sûreté, la régularité, la généralité des combinaisons logiques, voilà ce qui distingue de la géométrie ancienne la science moderne. Le but poursuivi n'est plus alors la contemplation d'objets idéaux, mais la découverte de quelque méthode puissante de composition pour élever sur des éléments aussi simples, aussi réduits que possible, les constructions les plus complexes. Petit à petit les théories mathématiques sont envisagées comme une création libre de l'esprit humain, et on ne leur attribue plus guère que le rôle d'instruments de démonstration.

Voici maintenant les mathématiciens contemporains. L'auteur reconnait que pour débrouiller leurs conceptions directrices le recul nécessaire manque à l'historien : de nos jours, la Mathématique se caractérise par la variété des points de vue et des méthodes. D'une part, elle dispose de l'algèbre, un instrument pour multiplier à loisir les constructions théoriques : mais comment prévoir celles qui seront le plus utiles ? D'autre part, les faits de la nature débordent toujours infiniment les possibilités d'expression en langage mathématique. Aujourd'hui, ce qui détermine les recherches, ce n'est plus autant la méthode à échafauder, c'est de nouveau un résultat à atteindre ; il y a un objet, le réel, à atteindre, à saisir, et qui résiste ; c'est lui qui fait l'unité des efforts

employés à l'exprimer d'une manière toujours moins inadéquate. Comme les Grecs, nos contemporains visent à rendre une réalité objective ; mais, ne restreignant plus leur ambition à la contemplation esthétique des vérités d'accès plus facile, ils ne reculent pas devant la complication des recherches, pourvu qu'elles conduisent à une traduction plus fidèle du réel. H. D.

II

STORIA DELLA GEOMETRIA DESCRITTIVA DELLE ORIGINI SINO AI GIORNI NOSTRI, par GINO LORIA, professeur à l'Université de Gênes. Un volume in-16 de XXIV et 584 pages de la collection des *Manuali Hoepli*. — Milan, Hoepli, 1921.

Travail excellent, tel qu'il nous en faudrait au moins un pour chacune des branches des mathématiques, mais dont, seule, la trigonométrie possède l'équivalent dans les *Vorlesungen ueber Geschichte der Trigonometrie* de von Braunmühl (Leipzig, Teubner, t. I, 1900 ; t. II, 1903). Il est vrai que la géométrie descriptive a, comme la trigonométrie, un triple avantage sur d'autres branches des mathématiques : elle est entrée en entier dans l'enseignement classique ; elle y a un programme suffisamment délimité ; enfin et surtout, malgré sa richesse, elle n'a pas donné lieu à un nombre de travaux tellement grand que l'examen direct et personnel en soit devenu impossible pour l'historien.

M. Loria, nous ne devons pas l'apprendre au lecteur, est un maître connaissant aussi bien la théorie de la géométrie descriptive que son histoire, et qui a dans tout ce qu'il écrit le mérite de l'ordre et de la clarté. L'utilité pratique de son nouveau manuel est, cette fois encore, accrue par une idée heureuse, qu'il avait déjà eue jadis dans la 2e édition de ses *Scienze esatte nell'Antica Grecia* (Milan, Ulric Hoepli, 1914) ; je veux dire de ne pas se contenter d'une simple Table des Matières par chapitres et paragraphes, mais d'y ajouter en quelques mots le contenu de chacun des numéros qui subdivisent les paragraphes. On a ainsi sous les yeux un résumé de l'ouvrage qui peut servir d'aide-mémoire ; mais on regrettera, peut-être, de ne trouver ces en-têtes de numéros, — au nombre de 228 — que dans la Table des Matières ;

ils eussent été utilement répétés dans le corps de l'ouvrage. Je n'aurais pas hésité à traduire cette « Table » en entier, comme plus d'un lecteur m'a su gré de l'avoir fait jadis pour les *Scienze esatte nell'Antica Grecia* de M. Loria (REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier 1914), mais les circonstances me commandent impérieusement d'être aujourd'hui plus court. Voici donc un simple résumé qui fera suffisamment connaître le plan de l'auteur. J'y mets en relief, ce que l'ouvrage contient de plus saillant au point de vue de la Belgique.

I. *La perspective depuis les origines jusqu'à la fin du* XVIII*e siècle.* — 1. La perspective considérée comme branche auxiliaire de la peinture. 2. Premières recherches géométriques relatives à la perspective. — 3. Guidobaldo del Monte. 4. La perspective dans les Pays-Bas. M. Loria y parcourt successivement l'œuvre de Stevin, celle de François d'Aguillon et celle de van Schooten. Il a en outre une page intéressante sur la perspective des frères van Eyck. Il serait plus exact de dire : sur la curieuse faute systématique de perspective qui se remarque dans tous leurs tableaux et notamment dans leur chef-d'œuvre de l'Adoration de l'Agneau. A ce propos M. Loria rappelle l'important petit mémoire de Karl Doehlemann, *Die Perspektive der Brüder Van Eyck*, qu'aucun critique d'art ne devrait négliger, mais qui passa chez eux inaperçu, probablement parce qu'il parut dans la ZEITSCHRIFT FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK (t. 52, Leipzig, Teubner, 1905, pp. 419-425). 5. Desargues, ses partisans et ses adversaires. 6. Notes sur d'autres auteurs de perspective de moindre importance. J'y remarque Tacquet. II. *L'apogée de la perspective théorique.* 1. La « Perspectiva » de 's Gravesande. 2. La « Linear Perspective » de Brook Taylor. 3. La « Freye Perspective » de Lambert. 4. Contributions apportées à la perspective théorique par la France et l'Italie.

III. *La projection orthogonale double depuis les origines de la civilisation jusqu'à la fin du* XVIII*e siècle.* 1. Le dessin architectural dans lequel s'employaient naturellement deux projections orthogonales. 2. Le début de la stéréotomie. 3. La stéréotomie scientifique et Frezier. IV. *La création de la stéréotomie descriptive scientifique.* 1. Biographie de Monge. Ses premiers travaux. 2. Son premier « Traité de Géométrie

descriptive . 3. Ses autres travaux sur la géométrie descriptive. 4. Lagrange et les débuts de la théorie des courbes d'erreur. V. *Collaborateurs et élèves immédiats de Monge.* VI. *La géométrie descriptive en Italie.* VII. *Nouveaux progrès accomplis en France dans la géométrie descriptive.* 1. Origine de la théorie scientifique des plans cotés. 2. La géométrie perspective. VIII. *La géométrie descriptive en Allemagne.* IX. *La géométrie descriptive dans la Suisse allemande.* X. *La géométrie descriptive en Autriche-Hongrie.* XI. *La géométrie descriptive dans les autres pays d'Europe.* 1. Belgique. M. Loria parle d'abord de Dandelin, Garnier et Quetelet. Puis, il parcourt en détail les travaux de Brasseur et notamment son Cours de géométrie descriptive Enfin il termine par De Tilly, Verstraeten et Legrand. On éprouve quelque regret à ne pas y voir figurer le nom de Chomé, dont les ouvrages et le long enseignement à l'École militaire, notamment sous le général De Tilly, ont eu plus d'influence sur les progrès de la géométrie descriptive en Belgique, que les travaux d'aucun de ses compatriotes nommés ci-dessus. 2. Angleterre. 3. Espagne. 4. Portugal. 5. Hollande et Danemark. 6. Bulgarie.

XII. *Histoire de l'axonométrie.* 1. L'axonométrie orthogonale. 2. Le théorème de Gauss. 3. L'axonométrie oblique. 4. L'axonométrie perspective. 5. L'axonométrie comme procédé de représentation des figures. 6. Applications de l'axonométrie. XIII. *Progrès réalisés en géométrie descriptive pendant ces trente dernières années.* 1. Généralités sur la géométrie descriptive. Applications des méthodes classiques aux figures limitées par des droites et des plans. 2. Recherches théoriques sur les méthodes, tant anciennes que nouvelles. 3. Courbes planes et gauches. 4. Recherches sur les surfaces. 5. Modifications introduites dans la théorie de l'éclairage des surfaces. 6. Géométrie descriptive de l'espace réglé, des espaces d'ordre supérieur, ou d'un monde non-euclidien. 7. Méthodologie dans l'enseignement de la géométrie descriptive. Deux Belges y sont nommés : Massau et Chomé. Ouvrages sur l'histoire de la géométrie descriptive.

En poussant ainsi l'histoire de la géométrie descriptive jusqu'aux travaux les plus récents, M. Loria a fait plus que de nous donner une simple histoire de cette science ; il nous

en a pour ainsi dire résumé l'encyclopédie, et fait par là, nous le répétons, œuvre, non seulement intéressante, mais d'une utilité vraiment pratique.

H. Bosmans.

III

Œuvres de G.-H. Halphen, publiées par les soins de C. Jordan, H. Poincaré, É. Picard, avec la collaboration de E. Vessiot. Tome III, in-8°, XII-518 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1921.

Nous avons consacré quelques pages, dans cette Revue même (1), à saluer la mémoire et à décrire l'œuvre de Georges Halphen. Les travaux de cet éminent géomètre français, disséminés en de nombreuses publications périodiques, seront bientôt réunis en quelques précieux volumes, dus à la pieuse initiative de Mme Halphen. Les Tomes I et II contenaient les écrits d'Halphen qui avaient été publiés de 1864 à 1882. Le Tome III contient deux œuvres qui auraient pu, chronologiquement, appartenir aux Tomes précédents, mais leur étendue leur permet d'occuper à elles seules presque tout ce volume, qui nous offre ainsi deux œuvres capitales d'Halphen.

L'une de ces œuvres est le *Mémoire sur la réduction des équations différentielles linéaires aux formes intégrables*. Nous avons dit la place que ce Mémoire occupe dans les travaux consacrés par Halphen de 1878 à 1885 à la Théorie des invariants différentiels, et comment ce Mémoire, présenté en 1880 au Concours pour le Grand Prix des Sciences mathématiques, fut couronné par l'Académie des Sciences : ce jour-là, Halphen fut l'heureux émule de Henri Poincaré, qui, dans un Mémoire rival, préludait à ses prochaines et fameuses découvertes des fonctions fuchsiennes. — Le même Tome III

(1) *Georges Halphen*, livraison d'octobre 1920, pp. 416-435. — Le lecteur nous permettra de signaler deux inadvertances à la page 428 de cet article (page 17 du tiré à part) : dans le texte, ligne 3 en remontant, au lieu de *le degré*, lire *l'ordre*, et dans la note 2e, au lieu de *Le degré*, lire *Le genre*.

contient deux autres Mémoires, publiés en 1883 et 1884, qui complètent celui-là. — L'autre œuvre capitale que nous offre ce volume, et que plusieurs considèrent comme le chef-d'œuvre d'Halphen, est le *Mémoire sur la classification de courbes gauches algébriques*. Rappelons que, présenté en 1882 à l'Académie des Sciences de Berlin au Concours dont le sujet était la théorie, très ardue et alors très neuve, des courbes algébriques de l'espace, ce Mémoire remporta le Prix Steiner. Du reste, Halphen possédait dès 1870 les éléments de ses découvertes sur ce terrain : il avait même présenté, en février 1870, à l'Académie des Sciences de Paris, un vaste travail, resté à peu près inédit, que le Mémoire de 1882, couronné à Berlin, reproduisait et complétait.

Le Tome IV nous donnera les derniers travaux d'Halphen, publiés de 1883 à 1890. L'œuvre sera complète. Il restera alors à louer le savant professeur à la Faculté des Sciences de Paris, E. Vessiot, d'y avoir apporté sans cesse la plus éclairée et la plus diligente collaboration, et la Maison Gauthier-Villars de s'être montrée fidèle à ses merveilleuses traditions. Il restera aussi à féliciter Mme Halphen d'avoir vu s'élever, magnifiquement et rapidement, en dépit des difficultés des années de guerre et d'après-guerre, ce monument scientifique digne de Georges Halphen, où ce savant nous apparaît tel que nous l'ont dépeint C. Jordan et É. Picard en leur courte Préface au Tome I : un de ces rares géomètres dont les écrits n'ont vieilli en rien après un tiers de siècle, mais sont en toutes leurs parties « des œuvres d'art dignes d'être proposées comme modèles à tous ceux qui cultivent les Sciences mathématiques ».

B. Lefebvre, S. J.

IV

Maurice Lecat. Bibliographie des Séries Trigonométriques. Avec un Appendice sur le Calcul des Variations. Un volume in-8° de VI-168 pages, ces dernières imprimées au recto seul. — Chez l'auteur, Louvain (Avenue des Alliés, 92); Bruxelles (Avenue du Bois de la Cambre, 16). 1921.

MM. aurice Lecat ne doit pas être présenté aux lecteurs de la Revue. Ils n'ignorent pas qu'avant la guerre le savant

belge avait été chargé d'écrire les articles relatifs au « Calcul des variations » et aux « Séries trigonométriques » pour l'édition française de l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques*, publiée en collaboration par les maisons Teubner et Gauthier-Villars. Le premier de ces articles a, croyons-nous, été imprimé, mais n'a pas paru et ne paraîtra probablement pas; le second est resté en portefeuille. En choisissant M. Lecat, la direction de l'*Encyclopédie* a prouvé qu'elle le considérait comme l'un des savants de langue française les mieux au courant des branches qui formaient l'objet des articles dont elle lui confiait la rédaction. On sait que la publication de l'édition française de l'*Encyclopédie* est définitivement interrompue.

Pour préparer son travail, M. Lecat a commencé par faire une bibliographie du sujet aussi complète que possible. En ce qui concernait la recherche, le choix et l'exactitude des références, le regretté Jules Molk, directeur de l'*Encyclopédie*, était d'une exigence presque tyrannique. C'est dire avec quel soin les travaux bibliographiques préliminaires de ses rédacteurs devaient être composés. M. Lecat nous a donné la *Bibliographie du Calcul des Variations*, en 1913 et 1916. Ces deux fascicules ont obtenu le plus grand succès. La vogue de la *Bibliographie des Séries trigonométriques* ne sera pas moindre, croyons-nous. Ce nouveau volume nous semble composé avec la même conscience et le même souci de la précision que les deux autres. Sera-t-il aussi complet ? L'auteur semble craindre que non, à cause des circonstances difficiles par lesquelles nous avons passé. Il ne faudrait pas s'en préoccuper outre mesure : d'abord parce que tout le monde sait qu'une bibliographie de ce genre, quelque patience dans les recherches qu'on y apporte, est presque fatalement incomplète : à preuve l'*Appendice à la Bibliographie du Calcul des Variations* que M. Lecat ajoute à sa *Bibliographie des Séries trigonométriques* ; ensuite et surtout parce que cette dernière bibliographie ne compte déjà pas moins de 2562 numéros, ce qui n'est pas mal pour un début.

La disposition typographique adoptée par l'auteur diffère assez de celle qu'il avait suivie dans sa *Bibliographie du Calcul des Variations*. En soi, les changements sont heureux, mais n'augmentent-ils pas notablement le prix de l'ouvrage ?

Les mémoires sont disposés par ordre alphabétique des noms d'auteurs. Seuls les rectos des pages sont imprimés ; les versos en regard sont blancs, prêts à recevoir des indications manuscrites complémentaires. Encore une fois, l'idée est bonne, très bonne même, mais elle augmente d'autre part nécessairement le format et le prix du volume. En compensation, un système bien conçu d'abréviations fait gagner assez de place.

A la fin du volume, M. Lecat nous donne une table alphabétique des recueils cités, avec rappel sommaire des travaux qui y ont été publiés. Puis il termine par quelques tableaux statistiques intéressants. Nous y voyons, par exemple, que si 935 ouvrages, mémoires ou simples notes ont été écrits en français, il n'y en a que 18 en flamand et en hollandais. Ceci signifie simplement que les Hollandais écrivent en français, en anglais ou en allemand ; car un autre tableau nous apprend que 158 auteurs de mémoires sont français, 36 sont hollandais, 16 sont belges. On peut faire des remarques analogues pour tous les pays à idiome national restreint, tels que la Suède et le Danemark.

M. Lecat me reprocherait, sans doute, de ne pas relever la pointe de mauvaise humeur qui perce dans le titre et dans la préface. On lit au titre, en guise d'épigraphe : « Cet ouvrage n'a été *honoré* d'aucune subvention ». La Préface nous apprend que pour sauvegarder sa dignité et son indépendance, l'auteur n'a voulu en solliciter, ni en recevoir une seule. De cette attitude M. Lecat est le meilleur juge ; il ne nous appartient pas de la critiquer. Où nous ne saurions plus être pleinement de l'avis de l'auteur, c'est quand il nous fait entendre que, faute de pareil « honneur », il ne peut songer à publier les neuf cents pages que son article sur les « Séries trigonométriques » eût occupées dans l'*Encyclopédie*. En effet, est-il très raisonnable de s'irriter indéfiniment contre des événements qui ne dépendent pas de nous? Un homme célèbre a dit que cela ne leur faisait absolument rien. En l'espèce, une collaboration active et cordiale avec les savants allemands, comme cela avait lieu dans l'*Encyclopédie*, est, d'ici à bien longtemps, tout à fait impossible. Qu'y pouvons-nous et qu'y peut M. Lecat? Sans doute, il serait absurde de pousser le chauvinisme jusqu'à ignorer les travaux de l'Allemagne. A ceux qui en seraient tentés, je rappellerai que le mépris de

l'adversaire est souvent une faute. Nous ne saurions partager plus loin l'illusion généreuse de M. Lecat. Aussi croyons-nous être l'écho du vœu général en lui disant que tous les savants désirent voir publier les deux articles qu'il destinait à l'*Encyclopédie*. S'il était nécessaire pour cela de les subventionner, cette aide pécuniaire honorerait à la fois le Mécène qui l'accorderait et l'auteur qui la recevrait, sans nuire, en quoi que ce soit, à l'estime que nous avons pour celui-ci.

H. B.

V

I. Précis de Physique (Introduction à une deuxième Étude de la Mécanique et de la Physique), par Marcel Boll, professeur à l'École Arago. Un vol. de x + 613 pages (22 × 14). — Paris, Dunod, 1920.

II. Cahier de manipulations de Physique conformes aux programmes du 31 mai 1912. Électricité, Optique. Classes de première C et D, par A. Aubert, ancien professeur agrégé de physique au Lycée de Toulouse. — Un vol. de 195 pages (23 × 19). — Paris, Alcan, 1920.

III. Cours de Physique générale, par H. Ollivier, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Strasbourg. Tome premier. *Unités C. G. S. et M. T. S. Gravitation. Électricité et Magnétisme. Ions et Électrons. Symétrie.* Deuxième édition, entièrement refondue. — Un vol. de 749 pages (25 × 17) avec 408 fig. dans le texte et 3 planches hors texte. — Paris, Hermann, 1921.

I. Le livre de M. Boll répond bien à son titre. C'est un manuel qui ne s'adresse pas à des débutants, et qui ne prétend pas être complet. Il a été rédigé d'après le programme d'admission à l'École de Physique et de Chimie, à l'intention de tous ceux qui, après une première initiation scientifique, désirent apprendre comment les mathématiques, y compris les éléments d'analyse infinitésimale, servent à la science des phénomènes physiques. Il peut être étudié en même

temps que le Cours de Chimie du même auteur, dont il fut rendu compte dernièrement dans cette REVUE (1).

C'est véritablement un « Précis » substantiel, rédigé dans un style serré, mais généralement clair, grâce surtout aux ressources du langage mathématique. Il n'y faut point chercher le détail des dispositifs expérimentaux ; mais on y trouvera comment, en pratique, les phénomènes sont exprimés et coordonnés par l'analyse mathématique.

L'auteur a sagement groupé dans une introduction les idées générales directrices dans la représentation objective de nos sensations : durée, effort, chaleur,... et dans la définition et la mesure des grandeurs, ainsi que dans l'appréciation des erreurs d'observation. Cette introduction s'éclaire par l'application concrète de ses notions et principes abstraits aux chapitres divers de la physique ; ainsi illustrée, elle met en relief l'unité de la méthode scientifique.

A ce mérite particulier, l'auteur ajoute celui d'attirer fréquemment l'attention sur l'approximation des mesures, pour donner à l'élève le sens critique de leur degré de précision.

Il est regrettable toutefois que, se basant implicitement sur la définition de l'infiniment petit physique comme d'une grandeur inférieure au seuil de perception, c'est-à-dire plus petite que les erreurs possibles, il simplifie tellement le concept d'infiniment petit mathématique qu'il le fausse.

La notion des forces d'inertie en mécanique devrait aussi être exposée plus correctement. Sans doute, « quand on soumet à un mouvement circulaire un poids attaché à un dynamomètre, l'allongement du ressort augmente par suite de la force centrifuge » (2). Cela prouve que la force centrifuge est une force réelle de réaction du poids sur le ressort, suscitée par la force centripète qu'exerce celui-ci ; mais cette force dont le point d'application est l'extrémité du ressort ne peut nullement être confondue avec la force, égale en grandeur, qu'on appelle la force d'inertie du poids. Celle-ci est supposée appliquée au poids, pour le considérer comme en équilibre ; elle est aussi fictive que l'équilibre.

(1) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, avril 1921, p. 493.
(2) Page 198.

II. Le cahier de manipulations de Physique de M. A. Aubert est spécialement destiné aux élèves des classes de première C et D des lycées français. Ce doit être leur cahier de laboratoire. On suppose entre leurs mains le Cours de Physique de E. Bouant et H. Pariselle (1), et on leur propose des exercices pratiques se rapportant aux chapitres de cet ouvrage, douze pour l'étude du courant électrique, vérifications des lois fondamentales de Faraday, de Joule, d'Ohm, mesures de résistance ; dix pour le magnétisme et l'électromagnétisme, magnétomètre, galvanomètre, aimantation, induction ; une pour l'électrostatique ; onze pour l'optique, photométrie, réflexion et réfraction, microscope.

Les instructions détaillées sont nettes, les dispositifs à mettre en œuvre, illustrés par des schémas, sont assez simples. Des tables numériques usuelles ajoutées en appendice faciliteront les calculs ; après chaque manipulation, des tableaux et des cadres à divisions millimétriques sont prêts pour y consigner avec ordre les résultats expérimentaux, ainsi que le tracé des courbes. Il n'y a qu'un léger inconvénient à corriger dans la prochaine édition : le papier laisse percer trop facilement l'écriture.

III. M. H. Ollivier, devenu professeur à Strasbourg, réédite le Cours de Physique générale dont nous avons analysé le troisième volume (1918) dans cette REVUE (2).

On sait que son ouvrage reproduit des leçons professées les unes à Lille, les autres à Strasbourg, en vue du certificat d'études supérieures de physique générale, du diplôme d'ingénieur électricien et de l'agrégation des sciences physiques. Les trois tomes ne se font pas suite : l'étude peut en être menée parallèlement.

Depuis longtemps, la première édition du Tome premier (1913) était épuisée. Le voici qui paraît remanié en de nombreux détails et complété en ce qui concerne les questions récentes des électrons, des rayons X et même un peu des quanta. On y trouve quelques développements nouveaux sur des appareils et des méthodes de mesures électriques, pont de Kohlrausch, potentiomètre de Carpentier, et sur l'étude du ferro-magnétisme.

(1) Édité chez Alcan.

(2) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, avril 1920, p. 247.

La loi française de 2 avril sur les unités de mesure, et le décret exécutif du 26 juillet 1919, sont insérés au début avec le Tableau général des unités commerciales et industrielles françaises.

Partout où l'auteur, fidèle à rendre concrète la théorie, cite en exemple les résultats des recherches expérimentales, il a eu soin de tenir compte des publications les plus récentes. Nous remarquons aussi qu'il a encore augmenté la force d'expression de certaines figures schématiques, dont il sait admirablement se servir.

H. D.

VI

THE DYNAMICAL THEORY OF GASES, par J. H. JEANS, professeur émérite de l'Université de Cambridge. Troisième édition. Un vol. in-8° de VII-442 pages. — Cambridge, University Press, 1921.

Les deux premières éditions de cet ouvrage datent de 1904 et de 1916. C'est dans leur intervalle que le développement, de la théorie des quanta a donné une orientation nouvelle à une grande partie de la Physique. Aussi est-ce par l'exposé de cette théorie surtout que la deuxième édition différait de la première. C'est aussi par une importance de plus en plus grande donnée à la théorie des quanta que l'édition d'aujourd'hui diffère de la précédente. Le chapitre qui l'expose a été remanié et complété ; un chapitre a été ajouté sur la dynamique des quanta.

L'auteur s'est efforcé de distribuer l'étude de la théorie cinétique des gaz en chapitres dont les uns soient purement mathématiques, dont les autres soient surtout destinés aux physiciens Dans la mesure du possible il y a réussi, généralement de la manière suivante L'ouvrage est divisé en trois grandes parties : les gaz à l'état moyennement isotrope (chap. II à VII), les gaz à l'état moyennement non isotrope (chap. VIII à XV), et la théorie des quanta (chap. XVI à XVIII). Dans les premiers chapitres de chacune des deux premières parties, les problèmes rencontrés sont traités d'une manière tout à fait générale, par voie presque purement

mathématique ; dans les autres chapitres, les résultats des premiers sont rappelés et interprétés physiquement. La lecture des chapitres physiques peut à peu près toujours se faire indépendamment de celle des chapitres mathématiques.

La théorie cinétique repose sur les deux hypothèses de l'existence de la molécule et de l'agitation calorifique. Ces hypothèses permettent une interprétation simple des états solide, liquide et gazeux (chap. I). Après la définition de la densité moléculaire et de la densité proprement dite en un point d'un fluide, définitions pour lesquelles, si on les veut précises, il faut avoir recours à la notion de probabilité, la première question qui se pose est celle de la distribution des vitesses moléculaires : dans un petit élément de volume pris au hasard dans le fluide à l'état moyennement isotrope, combien y a-t-il de molécules dont la vitesse ait des composantes comprises dans des intervalles proposés suffisamment étroits ?

On voit combien cet énoncé déjà demande à être précisé ; et pour éviter des difficultés inextricables, il faudra introduire l'hypothèse du chaos moléculaire, c'est-à-dire de l'indépendance des vitesses de la non-existence de courants d'ensemble parmi les molécules. Ce problème est résolu d'abord par l'étude des chocs entre les molécules assimilées à des sphères parfaitement élastiques, et la loi exponentielle de Maxwell découverte dans le cas d'un liquide indéfini se montre valable pour un fluide limité (chap. II). L'application, ensuite, de la mécanique statistique au même problème n'exige pas l'assimilation des molécules à des sphères parfaitement élastiques, et une démonstration due à M. Jeans y fait retrouver la loi exponentielle (chap. III). Le rapprochement de ces deux méthodes permet une discussion de l'hypothèse des chocs moléculaires, d'abord pour des molécules réduites à des points, puis pour des molécules de dimensions finies (chap. IV). Ce rapprochement manifeste la supériorité de la mécanique statistique, et l'application de celle-ci à un système de points matériels tout à fait quelconque construit une théorie de l'état gazeux moyennement isotrope indépendante de la nature des molécules, de leurs mouvements internes et des forces qu'elles s'appliquent mutuellement (chap. V) : c'est le beau théorème de l'équi-

partition de l'énergie, l'introduction thermodynamique de la notion de température, et le théorème de l'égalisation des températures dont la démonstration, dans ses étapes successives, se dégage de plus en plus de toute hypothèse, bien plus complètement que ne le faisait la démonstration de Maxwell.

Il faut maintenant reprendre ces théories et les interpréter du point de vue du physicien (chap. VI). La température vient d'être introduite comme l'inverse d'un facteur intégrant, mais elle se lit sur un thermomètre. Les chocs moléculaires se révèlent par la pression à la paroi, et l'équation caractéristique du gaz exprime une relation entre le volume, la température et la pression. C'est la loi de Boyle et Charles, c'est-à-dire de Mariotte et Gay-Lussac, que fait retrouver la théorie cinétique appliquée à des molécules ponctuelles et dynamiquement indépendantes. Mais cette loi ne résiste pas à l'expérience : quelles sont les corrections à y apporter ? Trois corrections sont possibles, et deux sont suffisantes : on les choisira de manière à sauver la constance du nombre de molécules dans tout même volume gazeux, l'hypothèse d'Avogadro sur laquelle reste construite toute la théorie atomique de la chimie. C'est ainsi le passage de la loi de Gay-Lussac à celle de Van der Waals, ou à celle de Clausius, ou à celle de Boltzmann. On s'arrête de préférence à celle de Van der Waals, si remarquable en ce qu'elle vérifie la loi des états correspondants. Voici un théorème dont la démonstration un peu rapide ne laisse guère apercevoir le fond de la question. Pour qu'une équation caractéristique vérifie la loi des états correspondants, il suffit qu'elle s'exprime au moyen de seulement deux constantes propres au gaz considéré. Kamerlingh Onnes considère l'équation de Van der Waals comme écrite entre les premiers termes de développements en séries : il en écrit des termes plus nombreux jusqu'à avoir vingt-cinq coefficients dont le laboratoire de Leyde a entrepris la détermination. Les résultats acquis jusqu'aujourd'hui montrent la loi des états correspondants vérifiée dans une mesure qui confirme les vues exprimées récemment par M. Ariès dans son mémoire des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES (1920) : « il est assez naturel de supposer que tous les corps peuvent se partager en groupements, chaque terme d'une même série comparé à tous

les autres satisfaisant à la loi, tandis que deux termes pris dans des groupements différents seraient impuissants à l'observer » *(Thermodynamique, Propriétés générales des fluides)*. — L'interprétation physique des résultats de la mécanique statistique comporte encore, principalement, la discussion des principes de la thermodynamique et l'étude des chaleurs spécifiques (chap. VII).

Jusqu'ici on a admis la symétrie du mouvement moléculaire dans toutes les directions autour de chaque point du fluide. Il s'agit maintenant d'étendre les théories précédentes aux cas dans lesquels il n'est plus possible d'invoquer cette hypothèse, celui en particulier dans lequel se manifeste la viscosité, celui dans lequel il y a passage de la chaleur par conduction, et celui où il y a diffusion (chap. VIII). Cette étude fait intervenir la loi suivantlaquelle les molécules du fluide se repoussent, soit que l'on admette, avec Maxwell, une répulsion inversement proportionnelle à la cinquième puissance de la distance, soit que, plus généralement, avec Chapmann, on laisse indéterminé le degré de cette puissance (chap. IX).

Mais cette étude peut se faire aussi en y associant la constitution plus intime du gaz, de manière à exprimer les transformations et les résultats au moyen du libre parcours moyen de la molécule. Encore une fois cette étude statistique exige le recours au calcul des probabilités : dans un volume déterminé d'un fluide donné avec ses circonstances physiques, quelle est la probabilité d'un libre parcours moléculaire de longueur donnée ? Et, un choc ayant mis fin à ce libre parcours, comment se modifie la vitesse en grandeur et en direction ? (chap. X).

Il s'agit maintenant de reprendre ces problèmes en suivant auusi exactement que possible la voie tracée par l'observation des phénomènes, et ce ne sera pas sans avantages aux yeux du physicien, encore que cette méthode ne doive pas offrir la sécurité des procédés mathématiques. La viscosité, la conduction calorifique et la diffusion présentent ce caractère commun de pouvoir être considérées toutes trois comme des phénomènes de transport : dans la viscosité, déplacement des dérivées de l'énergie par rapport aux composantes de la vitesse moléculaire ; dans la conduction, déplacement d'éner-

gie ; dans la diffusion, déplacement de masses ; et une théorie peut être édifiée dans laquelle ces grandeurs se déplaceraient comme transportées par les molécules. Dans l'état moyennement isotrope, ces transports s'équilibrent à chaque instant dans chaque petite portion du gaz ; dans l'état non moyennement isotrope, une cause permanente empêche cet équilibre de s'établir (chap. XI à XIII).

Tous les phénomènes étudiés jusqu'ici sont des manifestations diversement provoquées de l'état moléculaire. Dans les relations qu'on a établies à propos de chacun d'eux intervient un même nombre, celui qui mesure la dimension de la molécule. Que toutes les grandeurs mesurables soient donc, dans chacune de ces relations, remplacées par leurs valeurs, et on pourra garder, par élimination des autres inconnues, un système d'équations dont chacune ne renferme plus qu'une inconnue, la mesure des dimensions moléculaires. Du rapprochement des nombres ainsi obtenus sortira la faillite ou la confirmation la plus convaincante de la théorie cinétique, sous réserve, bien entendu, de discussions dans lesquelles on verra si c'est bien une même grandeur que l'on a introduite sous le nom, par exemple, de diamètre moléculaire, dans deux théories distinctes (chap. XIV). — Voici donc des tableaux qui confrontent, pour de nombreux gaz, le diamètre moléculaire déduit des phénomènes de viscosité, de conduction calorifique, de mesures de la diffusion, de l'application de l'équation caractéristique, des densités des gaz condensés jusqu'à l'état liquide ou solide, et (indépendamment de la théorie cinétique) de la constante diélectrique. — On ne peut que répéter ce que disait Perrin, à propos, précisément, de la théorie cinétique, mais à l'occasion de tout autres recherches : « On est saisi d'admiration devant le miracle de concordances aussi précises à partir de phénomènes si différents ».

Ainsi confirmée, la théorie cinétique sera légitimement appliquée, par exemple, à la recherche de la loi de variation de la densité atmosphérique (chap. XV). Il faut distinguer l'équilibre isotherme et l'équilibre adiabatique de l'atmosphère. Dans la haute atmosphère, c'est l'équilibre isotherme qui doit être considéré : la théorie le fait prévoir, et, depuis les premières découvertes de Tesserenc de Bort, on est de plus en plus certain de l'existence d'une couche atmosphé-

rique isotherme à partir d'une altitude de dix à quinze kilomètres. Partant de la composition de l'air à la surface de la Terre, on calcule sa composition à une altitude quelconque : au fur et à mesure qu'on s'élève, les gaz dont les molécules sont le plus pesantes disparaissent le plus rapidement : c'est dans le passage de 20 à 80 kilomètres d'altitude que disparaissent le xénon et le krypton ; de 160 à 800 kilomètres, tous les autres gaz, sauf l'hélium et l'hydrogène dont on trouve à 800 kilomètres respectivement 10^{6} et 3×10^{11} molécules par centimètre cube. — Il n'est même pas impossible à la théorie cinétique, à propos des atmosphères planétaires, de retrouver et de préciser ce que le spectroscope en a appris aux astronomes.

L'ouvrage de M. Jeans va se terminer par un exposé de la théorie des quanta. Cet exposé débute par une application de la mécanique statistique à la distribution de l'énergie dans les milieux continus, avec un examen de la manière dont se comporte soit un résonnateur, soit un électron libre dans un champ d'énergie rayonnante (chap. XVI). Les conclusions de cette étude sont en tel désaccord avec les résultats expérimentaux qu'il devient nécessaire d'introduire une hypothèse qui modifie complètement l'idée que nous nous faisions du mécanisme des phénomènes. Nous y sommes amenés par la loi de Stefan, d'après laquelle la température du corps absolument noir (dans le sens très spécial que les physiciens attachent à ce terme) est proportionnelle à la racine quatrième de l'énergie rayonnée par unité de temps, ainsi que par la loi de Wien, d'après laquelle la température du corps noir est en raison inverse de la longueur d'onde correspondant au maximum d'énergie rayonnée. Il est bien difficile de rendre compatibles les équations qui expriment ces phénomènes sans attribuer à l'énergie une structure, dans laquelle elle est distribuée en éléments indivisibles ; et les objections qu'opposent à cette hypothèse la diffraction et l'interférence de la lumière ne suffisent pas à compenser d'éclatantes confirmations : l'électrisation d'un conducteur sur lequel tombe une radiation à haute fréquence ; le merveilleux accord de l'observation et de la distribution dans le spectre qu'elle fait prévoir aux raies d'une origine chimique déterminée ; les recherches récentes de Debye sur la chaleur

spécifique (chap. XVII). Il y a lieu enfin, à l'occasion des quanta, de tracer les grandes lignes d'une dynamique des phénomènes discontinus (chap. XVIII). C'est de ce dernier chapitre que parle M. Jeans en terminant sa Préface : il ne peut renfermer qu'une rapide introduction aux mystères de la dynamique des quanta, mais l'auteur espère qu'il éveillera l'intérêt des lecteurs de langue anglaise pour une branche de la Physique dont ils ne se sont peut-être pas occupés suffisamment jusqu'ici.

Le succès de ce bel ouvrage n'est pas douteux ; mais quel service ne rendrait pas aux lecteurs de langue française celui qui en assumerait la traduction !

M. Alliaume.

VII

Énergétique générale, par Félix Michaud, docteur ès sciences, agrégé de sciences physiques. Un vol. de VII-229 pages (17×26). — Paris, Gauthier-Villars, 1921.

Les lois constatées dans les domaines divers de la mécanique, de la physique et de la chimie, présentent des analogies. Elles permettent de définir et de mesurer, sous des formes d'apparences très diverses, une grandeur dérivée commune à tous les domaines, produit d'un facteur d'équilibre ou intensité, et d'un facteur de capacité, ou extensité : l'énergie. Les phénomènes ne sont, peut-on dire, que transformation d'énergie. Les manifestations diverses de l'énergie et ses lois font l'objet d'une science relativement récente : l'énergétique. Faisant abstraction des qualités particulières à chaque forme d'énergie, l'énergétique générale en étudie les propriétés communes et celles de ses deux facteurs, intensité et extensité.

C'est au développement de cette science qu'est consacré le livre de M. Michaud. Il en expose avec clarté les notions, abstraites en raison de leur extrême généralité, notions presque purement mathématiques, et les principes, qui ouvrent à l'analyse infinitésimale un vaste champ de déductions, aussi simples que fécondes. A chaque pas, à chaque déduction nouvelle, l'auteur éclaire la théorie par l'applica-

tion à des exemples judicieusement choisis pour les diverses formes d'énergie, à commencer par l'énergie mécanique. Chemin faisant, il généralise au point de vue énergétique plusieurs lois expérimentales particulières.

Voici l'indication des chapitres : L'énergie et ses transformations. La conservation de l'énergie. Les facteurs de l'énergie. Les échelles de mesure des facteurs de l'énergie. Applications des principes de conservation des extensités. Passage de l'énergie d'une forme potentielle à une forme cinétique ou inversement. Systèmes à une extensité variable ; à deux extensités variables. Déplacement de l'équilibre. Les machines. Groupement des systèmes. Association des machines.

H. D.

VIII

I. La Physique des Rayons X, par R. Ledoux-Lebard et A. Dauvillier. Un vol. de 7-435 pages (25 × 17) avec 152 fig. et 10 planches hors texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1921.

II. Rayons X et structure cristalline, par W. Bragg, professeur de physique à l'Université de Londres et W. L. Bragg, professeur de physique à l'Université de Manchester. Traduit sur la 3e édition anglaise par Mme Mg. I. Rivière, agrégée des sciences physiques. Un vol. de 7-211 pages (23 × 14) avec 75 fig et 5 planches hors texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1921.

I. Depuis leur découverte fortuite en 1895, les rayons X font l'objet de recherches assidues, pleines de succès et de promesses. Leur théorie atteint le même développement que la physique de la lumière, et se montre extraordinairement révélatrice de la structure intime de la matière.

Les auteurs de ce livre, au cours de travaux personnels poursuivis depuis 1915 dans le Laboratoire du Service central de Radiologie de la IXe Région, à Tours, ont dépouillé la plupart des mémoires et ouvrages récents concernant les rayons X, publiés souvent en langue étrangère, principalement en anglais. Ils ont voulu offrir aux lecteurs français

un exposé d'ensemble de ce qu'on sait actuellement sur la physique des rayons X, exposé nouveau, plus complet que l'ouvrage anglais de Kaye édité en 1914 à Londres et dont la troisième édition parut en 1918.

Ils y ont résumé les théories des recherches si heureuses faites ces dernières années, et décrit en détail les méthodes employées par les divers expérimentateurs. A l'intention des lecteurs cherchant seulement des idées générales, ces descriptions ont été imprimées en petit texte ; ils pourront les passer. Un bref résumé terminant chaque chapitre souligne d'ailleurs les notions capitales à retenir.

Comme le dit M. M. de Broglie dans la Préface, « ce livre permettra de suivre de très près l'ensemble, déjà considérable, des derniers progrès accomplis dans des questions qui sont en train de passer au premier rang des préoccupations de la Physique moderne. Tous les physiciens, quelles que soient leurs tendances, s'intéresseront aux résultats d'expérience si frappants décrits dans ces pages, tandis que les spécialistes y trouveront des développements étendus et une documentation abondante ».

Indiquons brièvement les chapitres.

I. Production des rayons X, surtout par le freinage brusque d'électrons en mouvement ; influence de la vitesse des électrons sur la fréquence du rayonnement ; effet de l'intensité du flux électronique ; influence de la nature de l'anticathode ; rendement et distribution du rayonnement.

II. Les rayons caractéristiques, d'intensité maxima et formant des séries spectrales propres à chaque substance : K, L, M. Ces rayons peuvent être excités soit par impact d'électrons cathodiques, soit par fluorescence.

III. Optique. Propagation en ligne droite, de vitesse égale à celle de la lumière. Réfraction, inobservable à cause de la très faible absorption dans la matière. Polarisation. Diffraction par les réseaux naturels des cristaux.

IV. Absorption par des écrans : 1) diffusion, 2) fluorescence.

V. L'émission électronique, troisième forme d'absorption de l'énergie des rayons X.

L'étude en est introduite par celle de l'effet photo-électrique, ou émission d'électrons sous l'action de la lumière. Ionisation des gaz et luminescence.

VI. Les actions chimiques et biologiques sont énumérées avec une indication des théories en voie de formation.

VII. La mesure des rayons X.

Ce chapitre est particulièrement développé et contient une critique sérieuse des méthodes d'analyse, des mesures d'intensité, de spectrométrie et des procédés de dosage basés sur les actions chimiques.

VIII. Théories. 1. Rayonnement indépendant (spectre continu). Les auteurs exposent d'abord la théorie électromagnétique, puis la théorie de l'émission par quanta. 2. Rayonnement caractéristique (spectre discontinu).

Les auteurs concluent en disant que le problème de la nature du rayonnement demeure entier.

IX. L'analyse des cristaux. Méthode basée sur les figures de Laue. Méthode de MM. Bragg. Méthode de Debye et Sherrer et de Hull.

II. Mme Rivière traduit le petit livre où MM. Bragg, père et fils, ont raconté les recherches sur la diffraction des rayons X par les cristaux et leurs résultats les plus marquants.

On sait qu'après la déduction théorique de l'interférence de diffraction par transmission, due au Dr Laue, de Zurich, en 1912, et la réalisation expérimentale de ce phénomène révélateur par MM. Friedrich et Knipping, ce fut M. Bragg fils qui dégagea la notion fondamentale de l'interférence de diffraction par réflexion sur le réseau élémentaire à trois dimensions de Bravais. Ce principe de la réflexion cristalline a notablement simplifié l'étude expérimentale et théorique de la disposition des éléments moléculaires et atomiques dans la matière à l'état cristallin.

Désormais la cristallographie ne s'appuie plus uniquement sur l'observation des formes régulières extérieures ; l'analyse des rayons X par diffraction permet l'examen direct, pour ainsi dire, de l'architecture interne des cristaux.

On entrevoit même que les mouvements d'agitation thermique des atomes pourront être prochainement observés, voire mesurés très exactement.

Après de courts préliminaires historiques sur les rayons X et l'exposé de quelques notions élémentaires sur la diffrac-

tion, le chapitre III décrit en détail le spectromètre à rayons X. Les découvertes de quelques propriétés plus spéciales des rayons X sont racontées ensuite. Le chapitre V explique la structure cristalline et le chapitre VI les spectres de rayons X.

Dans le reste du livre, les auteurs nous font étudier avec eux, assez en détail, mais sans pousser trop loin les déductions mathématiques, et en recourant à des figures, la structure des cristaux : détermination des mailles élémentaires, des degrés de symétrie due à la disposition des atomes constituant les molécules qui forment les nœuds réticulaires. Voici les résultats obtenus. Pour un premier groupe de cristaux, la structure peut être considérée comme déterminée dans tous ses détails et avec beaucoup d'exactitude. Ce sont : le diamant, le cuivre, le chlorure de sodium, le chlorure, le bromure et l'iodure de potassium, la galène, la blende zincique, la calcite, l'oxyde de zinc, le sulfure de cadmium, le spath-fluor, la pyrite, l'hauérite, le nitrate de sodium, la calcite, la dolomie, la rhodo-chrosite, le fer spathique. Pour un deuxième groupe, nous connaissons le mode de groupement général des atomes dans le cristal, mais non leur arrangement exact. Ce sont : l'aragonite, la cérusite, le nitrate de potassium, le chlorure d'ammonium, la cobaltine, le chlorate de sodium, la cuprite, l'hématite et le rubis. Des cristaux d'un troisième groupe, l'étude est encore à peine ébauchée ; on ne connaît guère que le nombre de molécules liées à chaque maille de la structure. Ce sont : le quartz, le soufre, le rubis spinelle, la magnétite, la gahnite, le graphite.

Aux derniers chapitres XI et XII, se trouve l'étude critique de l'intensité de la réflexion des rayons X et des radiogrammes de Laue.

Ce livre intéressera les lecteurs désireux d'être au courant de la question et aussi les physiciens qui voudront participer aux investigations révélatrices des beautés architecturales du monde des atomes.

H. D.

IX

Report on the quantum theory of spectra, par L. Silberstein. Un vol. de 42 pages (22 × 15). Londres, Adam Hilger, 1920.

La théorie des quanta de Max Planck consiste à affirmer

que certaines grandeurs physiques, par exemple l'énergie de rayonnement émise par un oscillateur, ne sont point susceptibles de varier d'une manière continue, mais seulement par sauts discontinus, par multiples entiers d'un facteur élémentaire, la constante d'action.

Cette théorie fut appliquée en 1913 par Bohr à la construction d'un modèle de l'atome (1), et particulièrement à l'interprétation de l'émission et de l'absorption du rayonnement dont le spectre des éléments présente l'analyse. Les séries spectrales caractéristiques des corps les plus légers et les séries de haute fréquence des corps plus lourds constituent une vérification expérimentale de tout premier ordre.

Sommerfeld notamment perfectionna la théorie de Bohr. Il admit que les électrons périphériques de l'atome peuvent décrire des ellipses autour du noyau. Suivant que le grand axe et l'excentricité de ces ellipses correspondent, en vertu d'une relation mathématique que nous ne pouvons déterminer ici davantage, à tel ou tel multiple entier de la constante d'action de Planck, la fréquence des vibrations rayonnées lors du passage d'un électron d'une orbite extérieure sur une orbite intérieure est différente. Un autre perfectionnement apporté par Sommerfeld consiste à appliquer au mouvement rapide des électrons la correction prévue par la théorie de la relativité et à étendre la théorie des quanta aux trajectoires en spirales qui se substituent ainsi aux orbites elliptiques. Paschen a vérifié, par des mesures spectrographiques extrêmement précises, spécialement pour l'hydrogène et l'hélium, la fine structure, en doublets, triplets... des raies spectrales prévue par la théorie.

Nous ne pouvons détailler ici les succès grandissants remportés dans la détermination des spectres d'émission par la théorie des quanta, depuis 1913 jusqu'en 1920. Ils sont racontés avec une exquise netteté dans le petit ouvrage de M. Silberstein. L'auteur expose avec aisance et apprécie judicieusement le contenu des principaux mémoires originaux publiés sur la question.

H. Dopp.

(1) Cfr. Revue des Questions scientifiques, oct. 1920, p. 384.

X

I. La théorie de la relativité restreinte et généralisée, mise a la portée de tout le monde, par A Einstein. Traduit d'après la dixième édition allemande par Mlle J. Rouvière, licenciée ès sciences mathématiques, avec une Préface de M. Émile Borel. Un vol. pet. in-8° de 120 p. — Paris, Gauthier-Villars, 1920.

II. L'éther et la théorie de la relativité, par A. Einstein. Traduction française par Maurice Solovine. Une plaquette de 15 pages. Paris, Gauthier-Villars, 1921.

III. La géométrie et l'expérience, par A. Einstein. Traduction française par Maurice Solovine. Une plaquette de 19 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1921.

Le nom de M. Einstein est venu très soudainement l'année dernière à la connaissance du public cultivé de langue française. On sait assez généralement qu'il est l'auteur d'une théorie que d'aucuns prétendent vérifiée par l'expérience, et à laquelle d'autres reprochent de révolter le sens commun. On ne peut donc qu'accueillir avec un vif intérêt un exposé élémentaire fait par l'auteur lui-même. Il est de fait que cette théorie, mûrie au cours de vingt années de recherches dans les domaines les plus avancés de la physique, se présente là sous une forme accomplie ; on sent que chaque mot a été choisi par une pensée extrêmement sûre d'elle-même, et la traduction française en paraît très heureuse, à quelques minces détails près. Nous ne saurions donc que recommander à un public désireux de connaître les idées directrices de la théorie de la relativité, indépendamment des deux conférences, reproduites dans les brochures II et III — du plus haut intérêt sans doute, mais qui s'adressent à un auditoire déjà averti — l'exposé didactique, très substantiel, que renferme la brochure I. Toutefois le sous-titre « à la portée de tout le monde » appelle quelques remarques, destinées à prévenir certaines désillusions. L'auteur a évidemment entendu marquer par là qu'il s'était appliqué à dépouiller son exposé, dans la plus large mesure possible, de l'appareil

mathématique fait pour effrayer certains lecteurs. On ne saurait pourtant dissimuler que certaines connaissances mathématiques restent nécessaires à quiconque veut pouvoir lire fructueusement le livre de M. Einstein. Il lui faut au moins avoir notion des opérations algébriques les plus simples, celles, par exemple, qui figurent dans les équations des changements de coordonnées de la théorie de la relativité restreinte. Que l'on se reporte, par exemple, à la quatrième de ces équations. (p. 18). Un mathématicien voit se peindre dans cette relation si caractéristique l'influence d'un déplacement spatial sur la mesure de temps, l'ordre de grandeur du facteur correctif suivant la grandeur de la vitesse relative, d'autres choses encore ; par contre, il paraît bien difficile d'admettre qu'un lecteur, qui ne serait pas capable de comprendre, ou même de lire, cette formule, puisse se former, par ailleurs, de la théorie de la relativité restreinte, une idée claire et distincte.

Nous ne sommes pourtant encore là que dans le champ des mathématiques dites « élémentaires » ; mais le deuxième pas que M. Einstein nous demande de faire avec lui, le passage de la relativité restreinte à la relativité généralisée, va nécessiter l'introduction de l'élément linéaire de l'univers espace-temps, d'abord sous la forme qu'employait M. Einstein dans la théorie de la relativité restreinte, puis sous la forme donnée par M. Minkowski (p. 81) enfin sous la forme à laquelle conduit la théorie de la relativité généralisée (introduite p. 78 et employée p. 82, à la fin). Ici il faudra que le lecteur, sinon possède la théorie de ce qu'on appelle le ds^2 d'une surface de l'espace ordinaire, du moins en ait une fois dans sa vie entendu parler. Il est également indispensable, pour passer de la première de ces relations à la seconde, de connaître le sens du symbole $\sqrt{-1}$. J'entends bien qu'on pourrait, à la rigueur, ne pas écrire ces relations d'une manière formelle ; on pourrait, en les remplaçant par des périphrases, arriver à un exposé qui fût, à l'œil, débarrassé de tout symbolisme mathématique. Mais on se ferait du rôle des mathématiques une idée extrêmement inexacte si l'on s'imaginait que d'un pareil exposé les formules seraient absentes, et que cet exposé serait mis par là à la portée d'un plus grand nombre d'esprits. Les formules que M. Einstein, après mûre

réflexion, a fait ainsi figurer dans son exposé « à la portée de tout le monde » ne sont pas seulement le bâton qui lui a servi sur la route, qu'il aurait pu laisser à la porte de la salle commune où il pénètre, mais qu'il y fait pourtant entrer avec lui un peu par reconnaissance, beaucoup parce qu'à vrai dire, c'est un bien joli bâton ; mais elles sont beaucoup plus que cela : elles sont, lorsqu'on entend ces mots dans leur sens le plus large, des symboles, des signes ; elles résument, avec une brièveté, une clarté et une précision qui sont toute leur raison d'être, tout un monde d'idées auquel appartient la conclusion au moins autant que les raisonnements qui l'ont préparée, et nous croyons qu'il est illusoire, malheureusement pour beaucoup, de chercher à saisir cette conclusion, sans avoir l'habitude d'employer les concepts qu'elle implique, ou sans en posséder au moins la notion.

Une instruction mathématique de quelque étendue n'est pas tout ce qu'il faut pour lire le petit livre de M. Einstein. La qualité d'esprit que lui-même demande au lecteur dans sa préface — « une certaine maturité » — est encore plus nécessaire. Voici ce qu'il faut entendre par là. La qualité que M. Einstein attribue à un esprit mûr, c'est la faculté de suivre un raisonnement qui heurte ses habitudes antérieures. La véritable difficulté de la lecture de M. Einstein est là. Ce sera ici la véritable revanche des philosophes. Cette souplesse ou cette ouverture d'esprit, l'étude des mathématiques supérieures peut aider beaucoup à l'acquérir ; mais elle est essentiellement le fruit, certains même penseront le but des études philosophiques. Il n'est pas, en psychologie, de problème si important et si ardu — le problème de la personnalité, le problème de la liberté, le problème de l'existence du monde extérieur,... — qui ne soit immédiatement résolu si l'on en appelle au sens commun. Ne pas s'en tenir à cette première solution, tout en la prenant provisoirement pour guide ; découvrir par la critique les cas, d'abord exceptionnels, où elle se trouve en défaut ; reconnaître ensuite la généralité de ces cas ; construire enfin une théorie qui englobe et ces cas nouveaux, et les cas primitivement connus ; reprendre indéfiniment ce cycle, élevant sans cesse son point de vue et élargissant son horizon, telle est la marche mille fois décrite de l'esprit humain dans les problèmes de la philosophie, telle

est la marche de M. Einstein. Ce n'est donc pas lorsqu'il a parcouru toute sa route qu'il convient de lui objecter que ses conclusions heurtent le sens commun : c'est avant de s'y engager avec lui qu'il faut se demander si l'on est disposé, oui ou non, à laisser le sens commun de côté. La réponse dépend, d'après M. Einstein, du plus ou moins de « maturité d'esprit » de chacun. Qu'elle puisse être, qu'elle soit effectivement « non » pour certains mathématiciens, qui possèdent, et au delà, le bagage mathématique dont nous avons parlé, c'est un fait dont on peut être surpris. Quoi de plus absurde que de dire qu'une ligne droite peut être perpendiculaire à elle-même ? Que si une équerre glisse le long d'une règle, son troisième sommet peut venir rencontrer cette règle ? » Le sens commun fait justice de pareilles affirmations ». Cependant, si tous les mathématiciens s'étaient laissé arrêter par ce veto du sens commun, nous n'aurions à présent ni imaginaires en géométrie, ni géométrie non-euclidienne. Il semble donc que le lecteur « qui sait assez de mathématiques pour lire le petit livre de M. Einstein, devrait par là même posséder aussi la souplesse d'esprit requise pour sa compréhension. On ne saurait toutefois affirmer qu'en fait il en soit ainsi : c'est là la revanche des philosophes, dont nous parlions tout à l'heure. Nous dirons donc à ceux qui se proposent de lire *la théorie de la Relativité à la portée de tout le monde :* « Que nul n'entre ici, s'il n'est géomètre... et philosophe ». Il est permis de croire que cette dernière condition avait paru au divin Platon superflue à énoncer.

Ces réserves faites, nous dirons maintenant au public que cherche à atteindre l'exposé, relativement très élémentaire, de M. Einstein, que nous ne connaissons pas d'ouvrage récent qui mérite plus que ce petit livre d'absorber une part de son temps et d'exercer sa réflexion. Il y a là infiniment plus qu'une nouvelle conquête de la physique, quelque intéressant que cela puisse être ; il y a un remaniement complet et un élargissement des concepts fondamentaux de la philosophie naturelle : les notions d'espace, de temps et de force. Lorsque les savants au XVIIe siècle ont compris qu'il ne pouvait pas y avoir de force là où il n'y a pas d'accélération, contrairement à ce que paraît montrer l'expérience courante ; lorsqu'au XVIIIe siècle ils ont distingué la masse du poids, ils

ont fait deux grands pas vers une conception rationnelle et adéquate de l'univers physique. M. Einstein nous en fait faire de tout à fait analogues en nous faisant remarquer que là où l'on ne dispose pas d'un phénomène physique se propageant avec une vitesse infinie, il ne saurait être question de percevoir la simultanéité de deux événements, en nous apprenant à considérer la masse pesante d'un corps essentiellement égale à sa masse d'inertie, en prenant cette dernière pour mesure de l'énergie du corps, en faisant dépendre les propriétés métriques de l'espace, en chaque point, du champ de gravitation en ce point. Dans chacun de ces cas, nous voyons, une fois les conceptions nouvelles acquises, que les conceptions anciennes étaient parfaitement correctes, à condition d'être appliquées à un certain groupe de phénomènes ; nos conceptions nouvelles s'appliquent, en même temps qu'à ceux-là, à d'autres phénomènes auxquels nous n'avions jamais pensé, mais qu'il nous sera bien impossible désormais de supprimer du champ de notre réflexion, à présent que nous leur avons reconnu une possibilité d'existence. De pareils changements dans nos conceptions portent, comme on voit, leur justification en eux-mêmes et bien indépendamment des confirmations que peut leur apporter l'expérience. Du moment où nous avons bien saisi la distinction de la masse et du poids, nous sommes heureux d'apprendre que MM. de la Condamine et Bouguer, s'étant rendus au Pérou, ont observé qu'un même pendule y oscillait moins vite qu'à Paris ; mais la distinction ne nous paraîtrait pas moins importante et justifiée, alors même que la parfaite sphéricité de la terre ne permettrait pas de l'illustrer par l'expérience ci-dessus. Telle est également notre attitude à l'égard des vérifications de la théorie de la relativité par l'expérience. Ce sont là des preuves secondaires à l'usage du grand public, jury incompétent pour connaître des principes eux-mêmes.

La récompense qu'en définitive nous pouvons promettre à qui pourra faire une lecture lente et réfléchie du petit livre de M. Einstein, c'est un élargissement et un éclaircissement de l'image qu'il se faisait de l'univers physique, tels qu'à notre avis l'humanité n'en a pas connu de pareils depuis Newton. On est assez naturellement conduit à se demander combien il faudra de temps pour que ces conceptions nou-

velles pénètrent dans la conscience du public éclairé. Si l'on nous accorde qu'au sein de la très petite fraction de l'humanité qui *sait* que la terre est un globe, une fraction encore bien plus petite pense et agit en conséquence, on conviendra qu'il faudra encore quelques siècles avant que la notion de « géodésique de l'univers espace-temps » atteigne à la dignité d'idée-force.

PH. DU P

XI

I. LES THÉORIES D'EINSTEIN. UNE NOUVELLE FIGURE DU MONDE, par LUCIEN FABRE, avec une préface de M. EINSTEIN (1). Un vol. de 242 pages (19 × 12). — Paris, Payot, 1921.

II. EINSTEINS RELATIVITAETSTHEORIE. Gemeinverstaendlich dargestellt von P. THEO WULF S. J., Professor der Physik am Ignatius Colleg in Valkenburg. Un vol. de VI-80 pages (20 × 14) avec 8 fig. dans le texte. — Verlagsanstalt Tyrolia, Insbruck, 1921.

I. « Le premier caractère des théories d'Einstein considérées, non pas même dans les équations auxquelles elles aboutissent, mais seulement dans la figure qu'elles donnent du réel, est que les théories ne sont pas traduisibles avec exactitude en langage non mathématique » (2).

Cette déclaration loyale, et très juste, de l'auteur, je voudrais la lire dans l'Avertissement. Là, elle tempérerait quelque peu des promesses trop belles. Le dessein conçu est louable assurément : initier le grand public à des théories physiques qui, si elles peuvent être admises, nous présentent le monde sous un aspect renouvelé. L'effort tenté ici pour réaliser ce dessein me paraît moins heureux que méritoire.

Le lecteur profane, à l'intention de qui l'auteur évite dans deux chapitres les formules mathématiques, et qui est invité à se risquer à lire les suivants en sautant les équations, ne comprendra pas autant, je le crains, que ne lui permet d'es-

(1) Dans la Revue NATURWISSENSCHAFTEN M. Einstein proteste contre l'emploi fait ici de son nom. Jamais, dit-il, il n'a écrit de préface pour cet ouvrage.

(2) Page 24.

pérer l'Avertissement. « Les expressions mathématiques qu'il rencontrera, y déclare-t-on, sont des plus élémentaires, et connues du moindre bachelier. » En réalité, il y a même des équations tensorielles du calcul infinitésimal absolu !

Belles promesses d'avant-propos ; passons.

Le plan de l'ouvrage gradue heureusement la difficulté technique, dirais-je, du sujet.

Le chapitre premier veut être une vue d'ensemble, élémentaire, des théories d'Einstein.

Le chapitre deuxième raconte la genèse des théories de la relativité depuis Newton jusqu'à Einstein, mais avec trop de détails accessoires et de considérations parasites.

L'exposé logique des théories de la relativité, au chapitre troisième, est la meilleure partie du livre. Il dédommage des longueurs précédentes, à condition, bien entendu, qu'on ne s'effraie pas des formules !

Aux chapitres 4 et 5 sont développées quelques conséquences du principe de la relativité restreinte et de la relativité universelle. C'est clair ; mais impossible que ce le soit pour qui ne comprend pas les équations.

Dans la description des experimenta crucis, l'enthousiasme emporte l'auteur, qui en oublie de toucher, ne fût-ce que d'un mot, des controverses encore vives.

Le chapitre 6 contient une étude critique bien menée de la valeur des théories de relativité. L'auteur ne s'y attarde pas sur la signification philosophique des théories einsteiniennes. Au cours de l'ouvrage, il y avait fait maintes fois allusion, mais avec une prudence louable.

II. Ce petit livre, dû à la plume d'un physicien aussi bon professeur qu'habile expérimentateur, est une œuvre de vulgarisation scientifique bien entendue. Il est le fruit d'études consciencieuses et longues, agréablement présenté au public intelligent.

J'y ai trouvé le meilleur exposé élémentaire du principe de la relativité restreinte : impossibilité de découvrir par l'observation d'aucun phénomène physique un état de mouvement absolu *uniforme*.

Pour le principe de la relativité généralisée : impossibilité de découvrir par aucune expérience un mouvement absolu *quelconque*, l'auteur n'a pu que mettre en évidence la signi-

fication de l'énoncé et les principales conséquences pouvant servir de vérification expérimentale. Pour en comprendre les démonstrations, la connaissance de théories mathématiques très spéciales est indispensable. Les témoignages pour et contre de l'expérience sont rapportés avec impartialité.

L'importance de la théorie de la relativité au point de vue philosophique fait l'objet du dernier chapitre. L'auteur montre avec bon sens qu'on aurait tort d'attacher de l'importance au relativisme outré de certains vulgarisateurs.

H. Dopp.

XII

Manuel de chimie analytique. Tome I. Analyse qualitative. 2e édition française de l'ouvrage de F.-P. Treadwell, professeur à l'Institut polytechnique de Zurich, revue et refondue par Marcel Boll, professeur agrégé de l'Université, Docteur en Sciences, ingénieur diplômé de l'École de Physique et de Chimie de Paris. Un vol. in-8° de xxii-612 pages avec 29 figures. — Paris, Dunod, 1920.

Tome II. Analyse quantitative. 3e édition française. Un vol. in-8° de xx-811 pages avec 125 figures. — Paris, Dunod, 1920.

Comme le faisait remarquer M. Urbain dans la préface qu'il composa pour la 1re édition française de cet ouvrage, l'enseignement théorique de la Chimie analytique était en général fort défectueux. Cet enseignement, en effet, se réduit le plus souvent à l'exposé des recettes pour reconnaître les corps et pour les séparer. Ce point de vue — soi-disant pratique — était le seul où l'on se plaçait, il y a quelques années, et actuellement encore un grand nombre de chimistes et même de professeurs n'en admettent ou n'en conçoivent pas d'autre. Même dans les meilleurs traités, la partie théorique se réduit souvent à un exposé plus ou moins succinct de la théorie atomique et des lois de Berthollet. On suppose que les équations symboliques qui représentent les réactions se réalisent intégralement, et on a bien soin de laisser ignorer qu'au lieu des phénomènes qu'on suppose complets, il s'en

produit d'incomplets, qui ne conduisent ni plus ni moins qu'à des états d'équilibre chimique, que d'ailleurs il n'existe pas de corps absolument insolubles. Bien plus, alors qu'on se préoccupe beaucoup aujourd'hui d'interpréter par les théories les différentes parties de la chimie, on fait exception cependant pour la chimie analytique qu'on laisse affublée de théories antiques, de tournures vieillies ; c'est ainsi qu'on ne se fait nul scrupule de présenter en chimie analytique les faits sous une forme qui était déjà surannée il y a cinquante ans, et d'user par exemple d'expressions empruntées au dualisme électrochimique de 1820 (1).

Lorsque Ostwald, voulant réagir contre l'ancienne routine, fit paraître ses *Principes scientifiques de la Chimie analytique*, les idées nouvelles furent assez mal accueillies au début ; on affectait de croire qu'il s'agissait d'une simple illustration de la théorie des ions. Or, il ne s'agissait pas d'illustrer une théorie particulière, mais de rattacher les faits de l'analyse aux divers chapitres de la chimie générale, d'élever l'analyse — science jusqu'alors purement descriptive — au rang d'une science rationnelle.

Cependant quelques auteurs comprirent les avantages de la nouvelle méthode et l'adoptèrent franchement, et parmi eux l'auteur du présent ouvrage, le professeur Treadwell, mérite une mention toute spéciale. Son livre est par excellence un livre d'enseignement, et c'est en même temps un livre d'une haute valeur pratique, dans lequel l'auteur a rassemblé dans un ensemble cohérent les meilleures méthodes, anciennes et modernes.

En revoyant cette nouvelle édition française, M. Boll a encore apporté de notables améliorations à l'ouvrage de Treadwell. Toute la partie théorique a été refondue par lui et amplifiée ; il a surtout consacré de grands développements à la loi d'action des masses (loi de Guldberg et Waage) et à la théorie des ions (théorie d'Arrhénius). Une table a été ajoutée donnant, pour la plupart des composés peu solubles, le coefficient de solubilité en grammes par litre et en molécules-grammes par litre, ainsi que le produit de solubilité, ce qui permet de calculer la diminution de la solubilité qui résulte de l'addition d'un excès connu de réactif.

(1) OSTWALD, *Les principes scientifiques de la Chimie analytique.*

Dans les formules de réaction (équations), M. Boll n'a pas craint d'introduire quelques changements assez radicaux, et qui, nous osons l'espérer, finiront par être adoptés par tous les chimistes. D'abord les corps qui précipitent sont indiqués en caractères gras, ce qui présente l'avantage de montrer souvent la cause de la rupture d'équilibre ; ensuite, systématiquement il emploie les équations d'ions (1), c'est en effet entre ions que la plupart des réactions se font et il est donc inutile, dans la formule, de tenir compte des ions qui restent inaltérés pendant la réaction ; cette manière d'écrire présente en outre l'avantage de montrer la cause des réactions dues à la formation de composés peu dissociés. Ce n'est d'ailleurs pas une nouveauté. Ostwald employait déjà les mêmes équations d'ions, et il en est de même pour Böttger dans sa chimie analytique ; ce dernier représente en outre en caractères gras tous les corps solides intervenant dans la réaction. Mais il y a une autre innovation, moins souvent adoptée jusqu'ici et qui cependant, d'après nous, est des plus heureuses, c'est le remplacement du signe égal par une flèche, simple ou double suivant qu'il s'agit d'une transformation qui est considérée comme réversible ou non. Déjà en 1908, le Dr J. Kramers S. J., dans son *Leerboek der algemeene Scheikunde*, faisait ressortir le côté illogique de l'emploi du signe égal. En effet, dit-il, ce signe = n'a d'autre signification que celle d'une égalité entre les deux expressions séparées par le signe ; or ce n'est, en aucune façon, d'une égalité qu'il s'agit ici : nous ne voulons pas dire que du fer et du soufre sont *égaux* à du sulfure de fer pas plus que le sulfure de fer n'est égal à un mélange de fer et de soufre : ce qu'on veut représenter, c'est qu'un des systèmes peut se transformer dans l'autre. Or, cela n'est représenté par le signe = qu'en donnant à ce signe une signification qu'il n'a jamais ailleurs, tandis que la flèche simple ou double l'indique magnifiquement et clairement. Pour la même raison, il conviendrait d'appeler cette formule une *formule de réaction* et non pas une *équation*, le mot équation évoquant de nouveau l'idée

(1) On peut regretter qu'au lieu de désigner les cations par des points et les anions par des accents, l'auteur ait préféré affecter les symboles des signes + et −, moins clairs, surtout si la valence est un peu élevée.

d'une égalité entre les deux membres, égalité qui fait totalement défaut ici.

D'autres changements encore ont été introduits. C'est ainsi que dans les formules des électrolytes, les symboles des éléments ont été disposés dans l'ordre anion-cation, p. ex. ClNa, NOK, SO^4H^2. Au commencement, cela peut dérouter un peu, mais on peut y trouver l'avantage, assez minime d'après nous, d'être calqué sur la nomenclature française. Enfin, à la fin du tome II, l'auteur a ajouté une table très simple et très commode de logarithmes et d'antilogarithmes qui rend de si grands services dans les laboratoires.

En résumé, l'ouvrage de MM. Treadwell et Boll constitue un des meilleurs traités de Chimie analytique de langue française.

Jos. Pauwels, S. J.

XIII

Les progrès de la chimie en 1919. Traduction française autorisée des Annual Reports on the Progress of Chemestry for 1919. Vol. XIV publié sous la direction de André Kling, Directeur du Laboratoire municipal de Paris. Un vol. in-8° de VIII-330 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1921.

Le présent volume n'est en rien inférieur au précédent dont nous avons fait l'analyse dans cette Revue (juillet 1920, p. 257).

Certaines imperfections même, dues aux conditions peu favorables dans lesquelles les traducteurs se trouvaient l'année passée, ont pu être évitées. C'est ainsi que dans le volume précédent certains traducteurs avaient dû se contenter de serrer le texte anglais d'aussi près que possible, respectant dans la traduction de certains passages spécialement ardus, tous les anglicanismes, de crainte de trahir la pensée des auteurs du texte original ; aujourd'hui, revenus aux conditions normales du travail, les traducteurs ont pu procéder non seulement à la traduction fidèle du texte anglais, mais encore remonter aux mémoires originaux, ajuster exactement la pensée anglaise au mode d'expression français de manière à rendre la lecture de ces pages aussi facile que possible.

Les sujets traités sont les mêmes que ceux du volume précédent : Chimie générale et chimie physique, par H.-M. Dawson, D. Sc., Ph. D. (traducteur L. Vernerd).

Chimie minérale, par E.-C.-C. Boly, C. B. E., F. R. S. (traducteur L. Vernerd).

Chimie organique. Première partie : Série aliphatique par J.-C. Irvine, D. Sc., Ph. D., F. R. S. (traducteur Daniel Florentin). Deuxième partie : Série homocyclique par R. Robinson, D. Sc. (traducteurs : D. Florentin et F. Schmutz). Troisième partie : Série hétérocyclique par A. W. Stewart, D. Sc. (traducteur R. Schmutz).

Chimie analytique, par C. Ainsworth Mitchell, M. A. (traducteur L. Vernerd).

Chimie agricole et physiologie végétale, par E.-J. Russell, O. B. E., D. Sc., F. R. S. (traducteur E. Gelin).

Chimie physiologique, par G. Barger, M. A., D. Sc., F. R. S. (traducteur, Ch. Digaud).

Toutefois le chapitre sur la Radioactivité a été remplacé par un travail sur la Cristallographie par T.-V. Barker, M. A. B. Sc. (traducteur : Ch. Manguin, maître de conférences à la Sorbonne). On y trouve quelques notions très intéressantes sur les progrès importants qu'a faits l'analyse des cristaux par les rayons X. Cette méthode d'exploration des structures cristallines est une méthode subchimique qui analyse la structure plus profondément qu'on ne peut le faire par une méthode chimique, mais ne donne actuellement aucun renseignement sur les propriétés ou la constitution chimique.

J. Pauwels, S. J.

XIV

Le chauffage industriel (Introduction à l'étude de la métallurgie), par M. Henri Le Chatelier, Membre de l'Institut, Professeur à l'École des Mines et à la Sorbonne. 2e édition. Un vol. de 536 pages (16 × 25) avec 96 figures. — Paris, Dunod, 1920.

M. Le Chatelier nous offre la reproduction des leçons du Cours de Métallurgie générale professé par lui à l'École des

Mines. L'auteur, bien persuadé du secours mutuel que doivent se prêter la science et l'industrie, a voulu nous donner un ouvrage qui fût avant tout scientifique, et résume les principes généraux du chauffage.

Le chapitre premier étudie les différents phénomènes de combustion, les réactions chimiques dans les combustions totales, l'influence de l'état physique : gazeux, liquide, solide ; la transformation du combustible par le dégagement des matières volatiles; la combustion lente et l'inflammation spontanée. Puis, après avoir donné les principes de la calorimétrie, l'auteur étudie les réactions limitées aboutissant à des équilibres chimiques dans la combustion incomplète.

Dans le chapitre II, il est question des mélanges gazeux. Cette combustion est un phénomène très intéressant à étudier, tant en raison des lois scientifiques dont elle dépend, que des nombreuses applications pratiques qu'elle comporte. L'éclairage au gaz, le chauffage des fours à récupération, les moteurs à explosion, les explosions de grisou en sont les conséquences immédiates. L'auteur étudie successivement le cas où le gaz combustible et le mélange comburant sont primitivement séparés et ne se réunissent qu'au fur et à mesure de l'avancement de la combustion, et celui où le mélange des gaz est complètement homogène avant le commencement de la combustion. Le premier cas fournit l'occasion d'étudier la flamme et les différents facteurs qui peuvent influencer l'éclairage. L'étude de la combustion des gaz mêlés nous donne des détails intéressants sur la vitesse de réaction, la température d'inflammation, l'action refroidissante des parois, la limite d'inflammabilité, etc.

Le but de la combustion, c'est de dégager une certaine quantité de chaleur ; mais cette chaleur, pour être utilisable dans l'industrie, doit présenter deux qualités distinctes : 1° une quantité aussi grande que possible ; 2° une intensité, c'est-à-dire une température suffisamment élevée. Et voilà pourquoi l'auteur étudie dans le chapitre III d'abord les températures de combustion difficiles à mesurer, pour traiter ensuite de l'utilisation de la chaleur, de son rendement tant mécanique que thermique ; il y a, en effet, un grand intérêt à tirer d'un poids donné de combustible, le rendement le plus élevé c'est-à-dire la plus grande quantité de chaleur ou de

travail qu'il peut fournir, ce qui dans la pratique s'obtient par la récupération et la gazéification des combustibles.

Après avoir étudié dans les 3 premiers chapitres le phénomène même de la combustion, l'auteur dans les chapitres suivants (IV-VIII) étudie les différents combustibles : d'abord les combustibles naturels : bois, tourbe, lignite, houille, pétrole. C'est l'objet du chapitre IV. Ensuite, dans le chapitre V, il traite de la carbonisation des combustibles qui a pour objet de leur enlever, avant emploi, les matières volatiles qu'ils perdent sous la seule action de la chaleur, et qui donne le charbon de bois, le coke. Le chapitre VI est consacré à l'étude de l'acétylène et du gaz à l'eau ; le chapitre VII traite du gaz d'éclairage, et enfin le chapitre VIII du gaz pauvre de gazogène avec la description des principaux types de gazogènes.

Les derniers chapitres sont consacrés aux fours industriels. Il est vrai que ces fours présentent des dispositions indéfiniment variables avec les usages auxquels ils sont destinés, et que leur description détaillée ne peut donc être donnée qu'à l'occasion de chaque industrie particulière. Il est possible cependant de dégager certaines dispositions générales se retrouvant dans un grand nombre d'entre eux. L'auteur envisage deux points de vue essentiellement différents qu'il traite dans les deux derniers chapitres : 1° les matériaux réfractaires qui entrent dans la construction ; 2° les formes et dispositions générales des fours.

F. S.

XV

Il volo in Italia, par G. Boffito. Un vol. in-8° de XVIII-394 pages. N° 1 de la nouvelle collection : Invenzioni, Scoperte. — Firenze, B. Barbèra, 1921.

Aujourd'hui tout le monde s'intéresse plus ou moins à la conquête de l'air. L'histoire des longs tâtonnements de la science, des pénibles efforts qu'elle a faits pour remporter la victoire finale ne manque pas de charme, surtout quand elle est bien racontée, comme c'est ici le cas. Le titre seul du livre du savant Barnabite eût d'ailleurs suffi pour piquer

la curiosité. A son ordinaire, le P. Boffito se montre dans ce volume érudit très averti de tout ce qui concerne l'histoire de son sujet. L'auteur s'est fait aider, pour les sujets techniques, par M. Jules Magaldi de l'Académie Navale de Livourne, et par le P. Camille Melzi d'Eril, membre, lui aussi, de l'Ordre des Barnabites.

L'ouvrage se divise en deux parties intitulées respectivement : d'Architas à Montgolfier ; de Montgolfier au dirigeable et à l'avion : division assez naturelle, puisque Montgolfier réussit le premier à s'élever dans les airs et à en faire ainsi la conquête.

Dès le titre, l'auteur nous avertit que son étude est à la fois documentaire et anecdotique. Ce second point de vue n'est pas pour déplaire. Dans la première partie, il a même son utilité historique. Des légendes comme celle de Dédale et Icare s'échappant du labyrinthe de Crète par la voie aérienne ont, en effet, le mérite de nous apprendre comment nos aïeux concevaient une solution possible du problème. Les idées du Dante et de Léonard de Vinci méritent plus que les fables grecques de fixer l'attention. Mais le chapitre le plus important de la première partie est peut-être celui que le P. Boffito intitule : l'aéronautique chez les scolastiques. Quel dommage que ce sujet n'ait pas tenté Pierre Duhem ! Seul, avec sa vaste érudition, sa pénétration philosophique, sa connaissance des secrets de la mécanique rationnelle, il eût pu, s'il s'en trouve, peut-être découvrir les idées justes, quoique confuses, ensevelies sous la logomachie des phrases d'un Albert le Grand, ou, il faut bien le dire, d'un saint Thomas d'Aquin, dont le P. Boffito nous donne des extraits.

La seconde partie de l'ouvrage nous introduit dans la période de succès. C'est elle que les fervents de l'aviation liront avec le plus de plaisir. Voici la traduction des titres, des chapitres ; elle donnera une idée suffisante du plan du P. Boffito.

1e PARTIE. Ch. 1. L'aviation en Italie, antérieurement à l'ère vulgaire et pendant le début de cette ère. Ch. 2. L'aviation chez les écrivains ecclésiastiques. Ch. 3. L'aviation chez les scolastiques. Ch. 4. L'aviation chez Dante Alighieri et chez Léonard de Vinci. Ch. 5. Un aviateur pérugin de la fin des années 1400 : G. B Danti. Ch. 6. Art et science

de l'aviation pendant les années 1500. Les travaux de F. Veranzio et de J. B. Porta. Ch. 7. Une course aérienne à travers la littérature italienne. Ch. 8. Reprise du problème d'Archytas sur le vol de la colombe. L'aviateur vénitien Tite-Live Burattini. Ch. 9. Le navire volant de Lana et les travaux de Borelli sur l'aviation. Ch. 10. Les continuateurs de Lana et de Borelli. Ch. 11. Pierre Jacques Martelli et son travail relatif à l'aviation. Deux falsifications historiques au cours des années 1700. Ch. 12. Les expériences du napolitain Tibère Cavallo à la veille de l'invention de Montgolfier.

2e PARTIE. Ch. 13. Premières expériences aérostatiques en Italie. Ch. 14. Ascensions des aéronautes italiens en Italie et à l'étranger. Les ascensions d'Andreoni à Milan. Ch. 15. Le concours d'aérostats à Londres entre Zambeccari et Lunardi. Ch. 16. Trois ascensions manquées : à Florence en 1788 ; à Milan en 1791 et à Vérone en 1803. Ch. 17. Les ascensions de Lunardi en Italie. La première ascension à Florence et à Livourne. Ch. 18. Préludes des ascensions scientifiques. L'aéronaute F. Zambeccari. Les ascensions scientifiques de P. Andreoli et C. Brioschi. Ch. 19. Les ascensions de Francesco Orlandi à Florence et ailleurs. Ch. 20. Travaux italiens sur les moyens de diriger les appareils aérostatiques. Ch. 21. Bibliographie de l'aréonautique. Ch. 22. Le retour au plus lourd que l'air. La conquête moderne. Conclusion.

L'ouvrage est précédé d'une table des matières, qui, outre les titres des chapitres, nous donne le résumé de chacun d'eux ; il se termine par une table alphabétique des sujets traités et des noms propres.

Nous croyons savoir que l'auteur et l'éditeur préparent une édition française de cet excellent petit volume. Le projet paraît bon et nous le verrions avec plaisir se réaliser. Ce serait probablement le moyen de stimuler quelque lecteur français à entreprendre, pour sa patrie, un travail analogue à celui dont le P. Boffito lui donne le modèle pour l'Italie. Et, qui sait ? Peut-être donnera-t-il aussi l'idée à l'un ou l'autre Belge d'écrire au moins un article de Revue donnant l'histoire aussi complète que possible de la conquête de l'air en Belgique ?

H. BOSMANS.

XVI

TRAITÉ DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. Climat. Hydrographie. Relief du sol, par EMM. DE MARTONNE, professeur de géographie à la Sorbonne. 3e édition corrigée. Un vol. de XII + 920 pages (26 × 17), avec 400 figures et cartes dans le texte, 52 planches de reproductions photographiques et 2 planisphères en couleur hors texte. — Paris, Colin, 1920.

La deuxième édition (1913) de cet ouvrage couronné par l'Académie des Sciences, Prix Binoux, et par la Société de Géographie de Paris a été épuisée, malgré la guerre, presque aussi rapidement que la première (1909).

Le public avide d'étudier le traité, rapidement devenu classique, de l'éminent professeur des Universités de Rennes et de Lyon, devenu professeur à la Sorbonne, avait attendu quelque temps qu'il eût remanié la première édition en tenant compte des rapides progrès réalisés dans la découverte des faits et le développement des théories ; ce travail de mise au point dut être limité. Dans la présente édition, pour ne pas faire attendre plus longtemps le public, l'auteur nous avertit qu'il a dû renoncer à tout remaniement important et se borner à faire disparaître les erreurs matérielles.

Nous ne doutons pas néanmoins qu'elle ne jouisse du succès de ses devancières. Avec le retour à la paix, bientôt dans une nouvelle édition devenue nécessaire, puisse l'auteur enregistrer les résultats nouveaux dus à la reprise de la vie scientifique !

I. P.

XVII

NOUVEAU TRAITÉ DES EAUX SOUTERRAINES, par E. A. MARTEL. In-8°, 840 pages avec 384 figures. — Paris, Doin, 1921.

Dans cet important ouvrage, le savant hydrogéologue, l'intrépide explorateur des cavernes et des abîmes, présente un résumé très documenté des connaissances actuellement acquises sur l'origine, l'allure et le rôle des eaux souterraines ; il développe, en des discussions serrées, les notions

nouvelles résultant d'observations faites en grande partie par lui-même, dans de nombreux pays, pendant trente-huit années d'études. La plupart de ces notions offrent de l'intérêt au point de vue des applications à l'hygiène et à l'industrie. Citons-en quelques-unes, parmi celles sur lesquelles l'auteur s'étend particulièrement.

Les eaux souterraines sont généralement d'origine pluviale. Il faut mentionner comme faisant exception à cette règle : les eaux fossiles, emprisonnées dans les poches étanches des terrains houillers, crétacés, etc., lors de la formation de ceux-ci ; les eaux de constitution ou de carrière, retenues dans les roches par l'affinité ou par la capillarité ; certaines eaux thermales ou minérales d'origine profonde, volcanique, bien distinctes, quant à l'origine, des eaux d'infiltration descendues en profondeur et remontées à la surface à la faveur de quelque grande fracture.

Beaucoup de roches ont éprouvé des fractures souterraines. Ce sont ces cassures naturelles du sol, non pas l'érosion, qui ont le plus souvent joué le rôle capital dans la formation des vallées ; ce sont elles aussi qui déterminent et dirigent la circulation des eaux souterraines.

Cette notion de la fissuration du sous-sol et du remplissage des crevasses par les eaux, est très importante, notamment en matière de travaux publics (tunnels, routes, barrages, etc.) où la rencontre de crevasses a souvent provoqué de graves désastres, de même que pour l'exécution de travaux de mines.

Les roches qui présentent les fissures les plus fréquentes et les plus larges sont les calcaires de tous les âges, et particulièrement les calcaires dévoniens.

L'eau y est absorbée en masse par des entonnoirs (aiguigeois, chantoirs), par des abîmes ou gouffres, ou par des dépressions ou bassins fermés, secs ou lacustres ; elle y circule ensuite dans des cavernes ou grottes, à l'état de courants semblables à ceux de la surface, avec leurs lacs, leurs cascades, etc. Agissant sur les roches par corrosion chimique et par érosion mécanique, elle contribue à l'élargissement des fissures préexistantes.

Dans les calcaires, les craies et les autres roches fissurées, il n'existe pas de vraies nappes d'eau souterraine ni de surfaces aquifères continues et uniques, où tout puits rencontre

avec certitude le liquide en abondance. Les forages en quête d'eau ne réussissent dans ces terrains que s'ils tombent sur une crevasse suffisamment large.

Les émergences de terrains fissurés ne sont le plus souvent que des résurgences ou réapparitions au jour d'eaux superficielles, plus ou moins contaminées. Les relations entre les points d'absorption et les résurgences peuvent être révélées par la projection, en amont, de substances telles que colorants (fluorescéine), amidon, levure de bière ou chlorure de lithium, qui se retrouvent dans l'eau en aval.

Les vraies sources sont des émergences naturelles de terrains détritiques, suffisamment fins pour filtrer efficacement les eaux et les rendre potables avec sécurité. Il n'y en a guère que parmi les sables et au pied des grandes formations ébouleuses des montagnes. Il peut s'en présenter, par exception, dans les colmatages des terrains fissurés, notamment dans les résidus meubles des calcaires carbonifères et des craies : quelques mètres de matériaux de remplissage peuvent transformer une fissure en un filtre naturel parfait. En général, les vraies sources sont caractérisées par un débit faible ou modéré, constant, et par une température et une composition invariables.

Sous les cours d'eau superficiels, il existe souvent des « sous-écoulements » en rapport avec les premiers ou indépendants de ceux-ci.

Avant de procéder au captage et à l'adduction d'une eau souterraine pour l'alimentation publique, il faut, par une enquête géologique, rechercher l'origine de cette eau, établir autant que possible l'étendue de son bassin d'alimentation et limiter le périmètre de protection. La forme et l'étendue de ce périmètre varieront selon la disposition stratigraphique et surtout topographique des lieux, selon la nature du terrain, selon sa fissuration, le pendage des couches, la diversité et la situation des causes de contamination. Dans ce périmètre, il sera notamment interdit d'épandre des engrais humains et de forer des puits, ainsi que d'exploiter des établissements insalubres.

Les sources doivent être captées en gisement géologique profond, c'est-à-dire au contact même de la couche perméable et de la couche imperméable.

Quant aux puits ordinaires, on en pratiquera le forage loin de toute construction, en amont des agglomérations, des cimetières, des usines, des abreuvoirs, etc., et, autant que possible, en aval de bois ou de champs non cultivés, en un point assez élevé pour être à l'abri des ruissellements ; on descendra jusqu'à une profondeur relativement grande ; et l'on créera autour du forage un périmètre de protection immédiate d'un rayon au moins égal à la profondeur du puits.

Les puits artésiens, dont l'eau est isolée entre deux couches de terrains imperméables, pourront, sans crainte de contamination, être forés à peu près en n'importe quel endroit.

Les alimentations au moyen d'eaux de terrains calcaires doivent être l'objet d'une attention particulière. Les mesures les plus minutieuses s'imposent à leur égard, notamment la détermination de leur périmètre de protection et l'épuration préalable par des moyens artificiels s'il y a lieu.

Ces vues de M. Martel concordent avec celles de la plupart des hydrologues belges. Elles sont aussi en harmonie avec les règles adoptées dans notre pays par les pouvoirs publics pour l'établissement de distributions d'eau, ainsi qu'avec le projet de règlement sur la vente des eaux de boisson adopté en 1919 par le Conseil supérieur d'hygiène et par l'Académie royale de médecine.

Le style de l'ouvrage est clair et entraînant. Les nombreuses figures, pour la plupart reproductions de photographies, qui y sont intercalées, achèvent d'en rendre la lecture attrayante. Chaque chapitre est suivi d'un index bibllographique très complet.

J.-B. André

XVIII

Géologie de la France, par L. de Launay, membre de l'Institut, professeur à l'École Supérieure des Mines. Un vol. de x-502 pages (14 × 23), avec 64 photographies et 53 figures dans le texte, et 8 cartes hors texte, en couleur. — Paris, Colin, 1921.

Lorsqu'un « naturæ curiosior » veut s'initier aux arcanes de la plupart des sciences, et tout particulièrement de la géologie, son élan est vite brisé par le simple fait qu'il ne

trouve pas d'ouvrage exposant d'une façon claire et attrayante les éléments de la discipline qu'il veut se rendre familière. Nous ne parlons pas des « Traités » proprement dits, ni des cours professés dans les chaires universitaires, ceux-ci supposent un maître et sont destinés à de futurs techniciens, si pas des savants. Les ouvrages de prétendue vulgarisation ou les cours élémentaires, s'ils ne se contentent pas de rester au seuil le plus extérieur de l'édifice, ne font, la plupart, que redire en peu de pages tout ce que les autres développent en de gros volumes. Au lieu de se mettre au niveau des commençants, et de capter leur attention, ils parlent toujours le langage des spécialistes et, parce que les termes rébarbatifs et abscons du parler technique y sont proportionnellement plus nombreux que dans les grands ouvrages — sous prétexte de condenser l'enseignement —, ils sont d'autant plus incompréhensibles et rebutent le néophyte. C'est grand dommage pour la science, car souvent les amateurs sont les meilleures recrues, tout particulièrement pour les sciences d'observation où il faut des loisirs, que trouvent moins aisément ceux qui sont pris par les nécessités de la vie.

Voici enfin ! un ouvrage qui, sans laisser d'être savant et tout à fait à jour, a su réduire au strict nécessaire l'appareil technique et qui permettra — selon le vœu de l'auteur — à « tout Français éclairé de mieux connaître et de mieux aimer son pays ».

M. de Launay expose excellemment dans la préface (p. II) à quels titres nombreux la géologie d'un pays peut être captivante et instructive pour ses habitants.

« L'histoire du sol national forme un tout, qui ne commence pas seulement à telle ou telle invasion dont le souvenir s'est trouvé conservé dans les Annales humaines, mais qui a son origine première, longtemps auparavant, dans les mouvements du sol, dans les avancées et les reculs des mers, dans les surrections et les destructions des chaînes montagneuses, par lesquelles a été constitué ce territoire.

» L'ensemble de ces phénomènes, qui apparaissent clairement à l'œil du géologue et qu'il est, je crois, possible de faire comprendre sans abus d'expressions techniques et de mots latins, est la cause première de tout le modelé topographique, de tout le réseau des fleuves, puis des routes et des

voies ferrées, de toutes les cultures et de toutes les industries. C'est l'histoire géologique qui a préparé les emplacements des villes et ceux des champs de bataille ; c'est elle qui a façonné, décoré et planté tel paysage célèbre, où les sinuosités de la rivière, où l'éperon de calcaire à l'herbe rare sur lequel se dresse aujourd'hui une vieille ruine, où le village aux toits de tuiles fanées entassé sous le vieux château, où le ruisseau du premier plan bordé de peupliers et de saules, où chacun des traits pittoresques groupés pour le plaisir de nos yeux trouverait aisément son explication géologique ;... ».

Nous touchons ici du doigt tout l'intérêt que peut offrir l'étude de la Géologie, surtout quand on a la bonne fortune de pouvoir s'y livrer guidé par un savant de marque qui écrit une belle langue.

Mais il n'y a pas seulement à admirer, dans cet ouvrage de notre savant confrère, ces qualités didactiques et littéraires; il faut convenir aussi que le cadre en est tracé de main de maître et que jusqu'aux moindres détails témoignent d'une connaissance aussi vaste que précise, sans compter que bien des points d'interrogation, secs et décevants, sont remplacés comme par des visions dont les hardiesses ne sont jamais fantaisistes.

Albert de Lapparent parlait souvent de cette « marqueterie », dont les compartiments juxtaposés formaient la croûte extérieure de notre planète. Cette conception se présente tout naturellement à l'esprit de celui qui donne un coup d'œil à une carte géologique. Ainsi le sol de France s'offre à nous sous cet aspect : sous la barre sombre qui fait passer au nord de la France et au sud de la Belgique le grand bassin houiller westphalien et les Ardennes, s'épanouit largement le bassin de Paris, où les jaunes tertiaires sont auréolés par les verts du crétacique et les bleus du Jura. A droite de la vaste cuvette se détachent en sombre et en rouge les formations plus anciennes de l'Alsace, comme, à l'ouest, s'avance dans l'océan l'éperon plus ancien encore de la Bretagne, etc., etc.

C'est le plan même qu'à suivi M. de Launay. Après quelques pages, à peine, de préliminaires, l'auteur passe aux « grandes régions géologiques françaises ». On pourrait y voir trois groupes : les *massifs* anciens, les *bassins* aux centres récents, et les *chaînes de montagnes* qui se dressent encore

altières vers le ciel. Il délimite et définit chaque compartiment, en fait l'historique, et conclut chaque fois sans oublier « le paysage, les hommes et l'histoire ».

Un dernier chapitre, et non le moins intéressant, montre — ainsi qu'André Dumont l'avait fait jadis pour notre pays lorsqu'il dressa la « Carte géologique de la Belgique *et des contrées voisines* » — que la France ne constitue pas un bloc isolé, de par le monde, mais que de toutes parts — vers l'Ardenne, vers le bassin de Londres, vers les Cornouailles, vers la Corse, etc. — son sol pousse des prolongements qui le soudent par toutes ses fibres à l'ensemble de l'écorce terrestre.

Insistons aussi sur l'excellente illustration de l'ouvrage et sur le choix judicieux des vues photographiques les mieux faites pour aider à l'intelligence du texte et développer l'esprit d'observation du lecteur.

Quand aurons-nous pour la Belgique — un des plus anciens fiefs de la Géologie — un ouvrage aussi bien pensé, aussi heureusement exécuté et aussi magistralement écrit ?

G. Schmitz, S. J.

XIX

The resources of the sea as shown in the scientific experiments to test the effects of trawling and of the closure of certain aeras of the scottish shores, by William Carmichael Mc Intosh. Illustrated. Second edition. Un vol. de 352 pages (23 × 15). — Cambridge, University Press, 1921.

Le nombre croissant de chalutiers à vapeur sillonnant en toute saison la mer du Nord et ses dépendances ont fait concevoir la crainte de la disparition du poisson. Leur travail intensif par tous les temps, la brutalité de leurs procédés, les dévastations causées par leur puissant chalut qui écrase les œufs, ramène des poissons trop jeunes et pourchasse les autres sans répit ont provoqué des plaintes en Angleterre et ailleurs. Plusieurs ont abandonné ou considèrent comme trop absolue la théorie que le poisson a, comme les fruits de la terre, des périodes de disette et d'abondance, mais que nos pouvoirs sur lui sont particulièrement faibles

et restreints. Le Comité international pour l'étude des mers, dont le siège est à Copenhague, étudie la question controversée de cet appauvrissement des mers. En Écosse, des mesures de protection avaient été prises à la suite de l'enquête de la « Royal Commission on Trawling » de 1883 : certaines zones bien délimitées avaient été interdites. Mr William C. Mc Intosh, professeur honoraire d'histoire naturelle à l'Université St André (Édimbourg), membre du Fishery Board d'Écosse, se pose dans son ouvrage de 1921, comme dans la première édition de 1898, en partisan convaincu de la liberté et de l'innocuité des chalutiers.

Le premier chapitre, qui a pour but d'exposer les ressources inépuisables de l'océan, nous montre les avantages que possèdent les poissons sur les quadrupèdes, les oiseaux et les insectes au point de vue du ravitaillement, de la conservation des espèces et de la facilité d'échapper à nos poursuites.

Quant aux chalutiers, l'auteur rappelle que déjà en 1376, sous Édouard III et plus tard sous Henri VII et en France aussi, avec retours périodiques, des pétitions avaient été adressées au parlement et au roi prétendant que la mer du Nord se dépeuplait. Elles accusaient certains procédés ou engins et étaient conçues dans des termes qui rappellent celles que provoquent les craintes actuelles. Les plaintes du moment et les campagnes d'interdiction ou de restriction sont, d'après M. Mc Intosh, la manifestation du dépit de vaincus envieux, de voiliers mécontents de se voir ravir de belles captures par des navires plus puissants.

La crainte d'appauvrissement est combattue par les statistiques ; l'auteur en a dressé de nombreux tableaux où figurent les résultats des pêches poursuivies longtemps dans les mêmes parages. La prétendue destruction des œufs n'est pas basée sur les faits, et la destruction du fretin est commune à tous les procédés. Nulle part on n'a la preuve qu'elle ait amené l'appauvrissement des mers. La fermeture des zones est incapable d'augmenter le nombre ou la grandeur des poissons trop nomades pour en bénéficier ; elle n'est qu'une source de conflits. Ne peut-on pas craindre cependant l'appauvrissement momentané de zones particulièrement sillonnées de chalutiers ? Comme la pêche n'est possible qu'à proximité de certains bancs, cet appauvrissement partiel et

temporaire aurait pour les pêcheurs et les consommateurs des résultats analogues à celui d'une diminution plus générale des ressources océaniques.

J. C.

XX

Atlas météorologique de Paris, par J. Lévine. Recueil de 9 planches de graphiques des valeurs annuelles des éléments météorologiques depuis l'année 1700 et des valeurs mensuelles depuis l'année 1761 jusqu'à nos jours, accompagné de 30 tableaux numériques, d'un résumé du climat de Paris et de trois notes. Un vol. de v-83 pages (33 × 25) ; 9 planches. — Paris, Gauthier-Villars, 1921.

Vaste documentation portant sur une durée de 220 ans et provenant du dépouillement de plus de 100 volumes, cet atlas sera lu avec intérêt et profit par tous ceux qui s'occupent de météorologie. Dans une courte préface, l'auteur met en relief l'importance, sans cesse croissante, de cette science, qui « cherche encore sa voie », pour l'Agriculture, la Marine, l'Aviation, la Guerre, etc.

Il commente ensuite ses tableaux et ses planches. Ces commentaires constituent un résumé complet du climat de Paris ; l'auteur y caractérise l'atmosphère, la pression, le vent, la radiation solaire, la température, l'évaporation, l'humidité relative, la tension de la vapeur, la nébulosité, l'insolation, le brouillard, la pluie, la neige, la grêle, le grésil, les orages, les phénomènes optiques. Chacun de ces points est précédé de considérations générales et d'un historique— très instructif — des principaux instruments. Notons aussi la concordance frappante des observations avec les nombres établis par le calcul des probabilités.

Par les 30 tableaux numériques des 46 dernières années, l'auteur a voulu permettre des recherches très précises ; les graphiques des planches ne présentent évidemment pas une aussi grande exactitude, mais ils gagnent largement en clarté ce qu'ils perdent en précision. Les courbes représentent la pression (maxima, moyennes, minima absolus) ; la température (maxima, moyennes, minima) ; la pluie (nombre de

jours et hauteurs) et assez souvent le nombre de jours de gelée.

De l'étude des courbes de pression, l'auteur conclut à l'existence d'une périodicité des vagues atmosphériques ; la période aurait une durée d'environ 96 ans et il la rapproche du fait suivant : la révolution de la ligne des nœuds de l'orbite lunaire et celle de la Terre sur son orbite présentent une période commune de 93 ans.

Quiconque se servira de cet atlas félicitera M. Lévine d'avoir excellemment atteint son but : « mettre à la disposition de tous les chercheurs, et même des simples curieux des choses de la nature, une documentation qui soit à la fois vaste, précise et maniable ».

E. O.

XXI

De l'Anaphylaxie a l'Immunité, par M. Arthus. — Un vol. (15×23). — Paris, Masson, 1921.

Livre d'une conception originale. L'œuvre physiologique de M. Arthus est fort importante. Qu'il suffise de rappeler qu'on lui doit la découverte de la séroanaphylaxie, appelée depuis « le phénomène d'Arthus ». Si, chez un lapin, on injecte sous la peau, du sérum de cheval aseptique, on ne produit aucun accident : le sérum de cheval n'est pas toxique pour le lapin. Si on répète à quelques jours d'intervalle de pareilles injections de sérum de cheval, on constate qu'elles produisent, même à faibles doses, des accidents qui peuvent être fort graves, et même entraîner la mort. C'est à l'ensemble de troubles similaires, immédiats ou tardifs, qu'on a donné le nom d'anaphylaxie. Au cours de ses travaux, M. Arthus a été amené à étudier les accidents de protéotoxie (intoxication par injections de protéines), les envenimations, et le sérum antivenimeux, les rapports entre l'anaphylaxie et l'immunité. Toutes ces recherches ont été au fur et à mesure publiées dans des Revues spéciales (la majeure partie dans les Archives Internationales de Physiologie du professeur Frédéricq, à Liége). Dans le livre qu'il nous présente, M. Arthus a rassemblé les comptes

rendus des principales expériences (il y en a 700 environ) et a rédigé pour eux un nouveau texte. De la sorte, il éclaire l'enchaînement logique, le processus psychique qui l'a conduit d'une recherche à l'autre. On sent la directive générale qu'il serait difficile de retrouver à la lecture successive de toutes ces publications séparées.

De faits nouveaux, le livre n'en contient donc pas. Ce n'est ni un exposé, ni une mise au point de nos connaissances sur l'anaphylaxie : l'auteur ne parle que de ses propres recherches et ne cite celles des autres que dans la mesure indispensable pour comprendre les siennes. Toute vue générale, toute hypothèse, sont soigneusement écartées ; rien que des faits !

Le livre, on le voit, est le fruit d'une conception toute spéciale. Il n'intéressera pas le public de haute vulgarisation qui, lui, demande des synthèses, des théories d'ensemble, et ne s'intéresse guère à des descriptions d'expériences, à des contrôles.

Mais quel a donc été le but de l'auteur ? A qui destine-t-il cet ouvrage ? Aux débutants de la recherche expérimentale. Dans un livre précédent, M. Arthus avait décrit les méthodes de travail, et la méthode expérimentale en biologie. Ici, il nous montre, sur un exemple de recherche type, l'application de cette méthode. On le voit, ayant trouvé une veine, l'exploiter méthodiquement, avec calme, ténacité, tout en évitant les vaines discussions académiques, les controverses stériles.

Et, à voir les faits accumulés, il laisse le lecteur juge de cette méthode, la méthode expérimentale logique Il est vrai que pour l'appliquer, il y avait la clarté, la précision, l'esprit critique de M. Arthus, un des plus brillants physiologistes de notre époque et à coup sûr le plus clair, le plus agréable à lire.

W. L.

XXII

Le Sympathique et les systèmes associés. Anatomie, clinique, séméiologie et pathologie générale du système neuroglandulaire de la vie organique, par A. Guillaume, 2e édit. — Un vol. (14 × 20). — Paris, Masson, 1921.

La conception du système sympathique et du parasym-

pathique ou système du vague est venue, depuis quelques années déjà, bouleverser complètement la vieille théorie de Bichat.

Cette conception, nous la devons uniquement aux travaux de physiologie de l'école anglaise, et, par la force des choses, il faut un certain temps avant que ces notions pénètrent dans le public médical d'expression française. Si, dans la grosse question des glandes à sécrétion interne et de leurs relations avec le système nerveux, maint problème a été étudié en France, une partie importante en a été travaillée en Angleterre, en Amérique, en Allemagne. Ce livre nous expose les théories qui se rattachent à ces deux problèmes, et nous livre une vue d'ensemble, un essai de synthèse générale.

On ne peut assez applaudir à cette tentative hardie : les monographies (Gley, Schaefer, Biedl), les travaux originaux, qui se rapportent à ces deux questions, sont tous l'œuvre de spécialistes qui, par le fait de leur éducation particulière, envisagent surtout le côté soit physiologique, soit clinique de ces problèmes. On comprend aisément, combien il était tentant pour un érudit tel que M. Guillaume, de rassembler ces innombrables données, d'en présenter une vue générale, homogène.

Ce travail extrêmement utile est aussi une œuvre courageuse. Les théories en médecine vivent une vie très courte, et il faut un beau courage pour écrire un livre sur des questions qui sont chaque jour l'objet de nouvelles publications.

Claude Bernard, dans son « Introduction à l'étude de la médecine expérimentale », disait : « Nos idées, nos théories, ne sont que des instruments intellectuels qui nous servent à pénétrer dans les phénomènes : il faut les changer quand elles ont rempli leur rôle, comme on change le bistouri émoussé quand il a longtemps servi ». En médecine surtout les bistouris s'usent vite !

Qu'on nous permette un exemple : Lorsqu'on excite le nerf vague, le cœur s'arrête, et si, à ce moment, on enregistre dans certaines conditions les variations du potentiel électrique, l'électrocardiogramme donc, on observe que le fil du galvanomètre subit une variation lente, de sens opposé, à celle que provoque un battement cardiaque. Chaque contraction doit théoriquement dépenser une quantité minime d'énergie

de réserve : en ce sens chaque contraction est catabolique. Si, conclut Gaskel, pendant l'arrêt du cœur, le fil du galvanomètre subit une variation de sens opposé à celle qui accompagne chaque contraction, c'est que, pendant ce repos, des matières de réserve se sont accumulées. Le nerf vague qui provoque ce repos est un nerf anabolique ; le sympathique, son antagoniste physiologique, est catabolique ; et par extension on arrive à la conception générale : que le système sympathique est catabolique, le système vague est anabolique. Et dans le langage imagé de certains Anglais : « Le sympathique est militant, le vague est pacifique ! » C'est là évidemment une synthèse élégante... mais qui ne semble pas devoir résister aux travaux ultérieurs. En effet, Einthoven a démontré, depuis, que cette variation électrique, indice du catabolisme, est uniquement due à une coïncidence. Cette expérience est classique chez la tortue, où, si l'excitation du nerf vague arrête le cœur, elle exerce aussi son action sur les poumons qui s'affaissent et de cette façon déplace le cœur qui repose sur la lame pulmonaire. Ce mouvement suffit pour provoquer la variation électrique.

Ceci est un simple exemple de la caducité des synthèses théoriques, qui n'atténue en rien le mérite de l'auteur. On comprend parfaitement son enthousiasme, sans pour cela le partager nécessairement sur tous les points : M. Guillaume est un médecin, placé chaque jour devant un grand nombre de cas pathologiques, un grand nombre de problèmes aussi variés qu'irrésolubles actuellement, et auxquels comme médecin il doit malgré tout apporter une solution. Il cherche des points de repère, et comme il le déclare dans son introduction: « Il y a lieu d'être particulièrement reconnaissant aux physiologistes anglais qui ont approfondi le mécanisme nerveux de la vie des viscères et des tissus, au point de créer le corps de doctrine qui manquait aux cliniciens. Ce corps de doctrine, on peut, au point de vue morpho-physiologique, dire qu'il existe aujourd'hui ! »

C'est indéniable, en ces dernières trente années, on a fait des progrès considérables dans l'étude de cette grande énigme que fut longtemps le système sympathique. Que de points obscurs encore cependant, et malgré les travaux innombrables, que d'énormes lacunes !

La lecture du livre est on ne peut plus intéressante ; il est si passionnant, sous la conduite d'un tel guide, d'embrasser d'un regard tout un vaste horizon ! N'oublions pas cependant que c'est à l'étude soignée, méthodique de petits faits, que nous devons nos plus importantes connaissances : il suffit de rappeler les noms de Richet, Arthus, Langley.

W. L.

XXIII

PSYCHOLOGIE DES MYSTIQUES CATHOLIQUES ORTHODOXES, par MAXIME DE MONTMORAND. Un vol. in-8°, 262 pages. Bibliothèque de Philosophie contemporaine. — Paris, Félix Alcan, 1920.

Nous ne prétendrons certes pas que les mystiques chrétiens — en particulier les mystiques catholiques — aient toujours eu à se louer de l'intérêt que leur accordèrent les psychologues et les médecins psychiâtres. Trop souvent ces spécialistes, partant d'idées préconçues fort étroites, n'eurent même pas souci, comme l'eût exigé cependant la méthode scientifique, d'étudier d'un peu près les phénomènes exceptionnels au sujet desquels ils se prononçaient doctoralement : sur la foi de textes tronqués ou de racontars de dixième main, on les vit massacrer intrépidement les noms propres, bouleverser l'histoire, accumuler les invraisemblances et les méprises. Devant ces élucubrations désinvoltes, un lecteur connaissant la mystique chrétienne à la fois par les documents authentiques et par le spectacle quotidien de la vie spirituelle dans l'Église, demeure ébahi et justement indigné. Reconnaissons toutefois que cette sorte d'ouvrages, qui dissimulent sous une étiquette médicale ou psychologique la plus inconcevable légèreté alliée à la plus lamentable pauvreté d'information, se fait rare aujourd'hui. Les études mystiques sont décidément en progrès, tant du côté des théologiens, plus attentifs aux conditions psychologiques de la vie religieuse, que du côté des psychologues profanes, moins enclins que jadis à juger les états mystiques par un petit nombre de symptômes, observés sur des névropathes de cliniques et sur des automates de laboratoires.

Abstraction faite des travaux récents, assez nombreux, parfois excellents, de théologiens catholiques, les études psychologiques les plus fines et les plus objectives sur les mystiques chrétiens, publiées ces dernières années en langue française, sont incontestablement, avec le livre de M. Delacroix : *Histoire et psychologie du mysticisme. Les grands mystiques chrétiens*, divers articles de M. de Montmorand, et en particulier l'ouvrage que nous analysons ici.

Nous avons dit ailleurs pourquoi nous ne pouvons admettre certaines thèses de M. Delacroix, lequel, n'étant pas croyant, ne saurait envisager toujours les faits sous l'angle qu'ils présentent au psychologue catholique.

Avec M. de M., nous aurions moins de réserves à formuler. Nous ignorons quelles sont ses convictions religieuses ; son livre trahit la volonté de se confiner au terrain de l'expérience psychologique, dans une attitude de neutralité bienveillante à l'égard des interprétations transcendantes, philosophiques ou théologiques ; sans les accueillir ni les repousser, il en parle toujours avec la courtoisie respectueuse qui convient en cette matière. Si l'on tient compte de la réserve méthodologique dans laquelle il s'enferme, aucune de ses assertions ne paraît inconciliable avec la doctrine catholique. Ce qui ne veut pas dire que l'on ne puisse, du point de vue de la théologie ou du point de vue de l'expérience pratique des âmes, lui opposer quelques chicanes.

Nous nous en voudrions, d'ailleurs, d'insister sur ces menues chicanes à l'égard d'une étude d'évidente bonne foi, où perce, à chaque page, le désir de comprendre les mystiques catholiques, dans leur milieu et dans leur contexte, en dehors de tout parti pris. Sans doute M. de M. doit-il à cette disposition impartiale et sympathique la justesse presque constante de ses notations, discrètes, brèves, mais suffisamment significatives pour qui sait entendre.

Sa base d'induction n'est pas exagérément étendue : il la délimite dans son titre « Les mystiques catholiques orthodoxes ». Si Mme Guyon y reçoit — incidemment — l'hospitalité, l'auteur n'oublie pas les réserves qu'appelle, au point de vue catholique, cette étrange, discutable et héroïque personne. Les mystiques médiévaux, ainsi que le groupe (si intéressant pour les doctrines) des mystiques germano-néer-

landais du XIVe siècle, ont moins attiré l'attention de l'auteur que les grands contemplatifs de la Renaissance, surtout les mystiques espagnols, plus prodigues de descriptions et d'observations psychologiques. Nous regrettons un peu cette préférence trop exclusive, bien qu'elle n'offre pas ici d'inconvénient majeur, la mystique chrétienne restant partout identique à elle-même pour *le fond*.

Qu'on veuille nous permettre de parcourir rapidement les 9 chapitres de l'ouvrage, en glissant au passage quelques remarques.

Après un chapitre de « définitions », M. de M., au *chapitre II*, esquisse d'un crayon sobre les « traits distinctifs » du « mystique catholique orthodoxe ». Esquisse juste, pour l'ensemble, et bienveillante, qu'il convient d'ailleurs de ne point utiliser comme une description exhaustive. Nous ferions une ou deux réserves. D'abord, l'auteur ne s'exagère-t-il pas un peu le rôle que revendique normalement, dans l'Église catholique du moins, le directeur d'âmes ? Celui-ci doit contrôler, encourager, au besoin stimuler, mais toujours en respectant les initiatives de la grâce et les tendances naturelles légitimes dans l'âme de son client. La pratique de la direction, comprise selon les règles traditionnelles, fait évanouir, ou force à transposer, plusieurs problèmes artificiels que formulent à ce sujet les psychologues laïques. Par exemple, chez le dirigé, l'obéissance absolue et l'entière spontanéité se concilient aisément, pour peu que le directeur ait la prudence et la discrétion requises. Autre réserve : « Si la volonté, chez les mystiques est remarquablement développée, on n'en saurait dire autant de l'intelligence », opine l'auteur (p. 20). Malgré les nuances et les atténuations dont s'entoure, sous la plume de M. de M., l'expression de cette mésestime relative pour « l'intelligence » des mystiques, nous croyons qu'il généralise trop, et qu'il ne manque pas de mystiques dont le niveau intellectuel, tant au point de vue de la raison pratique, du génie d'organisation, qu'au point de vue même de la spéculation, s'élève notablement au-dessus de la moyenne. Certes, les mystiques ne sont pas des intellectuels au sens péjoratif du mot. Il nous semblerait plutôt que l'étendue ou la profondeur de l'intelligence spéculative ne constituent, par elles-mêmes, ni un avantage, ni un obstacle à la vie mystique.

Dans le *chapitre III*, l'auteur traite le sujet délicat de la prétendue « érotomanie » des mystiques chrétiens. Nous ne pouvons oublier le service important que M. de M. rendit naguère (1903) à la cause de la vérité et du bon sens, en remettant au point, d'une manière décisive, dans un article très remarqué, les théories aventureuses du psychologue américain J. H. Leuba. Les conclusions de cet article, et celles du chapitre III dont nous parlons ici, sauvegardent entièrement la dignité des grands contemplatifs catholiques : nous n'aurions à y opposer aucune objection de principe. Néanmoins, selon nous, M. de M. concède trop encore à la thèse qu'il combat : par exemple, il attribue une certaine fréquence à des symptômes, qui, à notre connaissance, sont très exceptionnels chez les personnes adonnées sérieusement à l'oraison et procèdent alors de causes psycho-physiologiques indépendantes de la vie mystique comme telle.

La « méthode ascétique », dont il est question au *chapitre IV*, y est considérée surtout comme une préparation négative et positive à l'unité vécue de l'état mystique. Quelques méprises de MM. Murisier, Godfernaux, Pierre Janet, Georges Dumas sont relevées avec finesse. Nous applaudissons à beaucoup de remarques, très justes, parmi lesquelles on nous pardonnera de ne pas ranger la suivante : « Le livre des Exercices (de S. Ignace) n'est rien moins qu'un bréviaire de mysticisme [ceci est parfaitement vrai] ; on le définirait plus justement une sorte de manuel scolaire, de *gradus ad Parnassum* à l'usage des âmes moyennes » (p. 90). Il y a ici confusion entre les « exercices » proprement dits, qui sont une école de haute perfection chrétienne, fréquentée avec profit par les mystiques eux-mêmes, et les méthodes faciles d'oraison mentale, consignées dans le Livre des Exercices, à l'intention de débutants non encore initiés à ce genre de prière... lesquels, au surplus, ne sont point nécessairement des « âmes moyennes ». D'ailleurs, les psychologues qui lisent le petit recueil des Exercices oublient souvent que ce n'est point là un manuel du retraitant, mais l'arsenal du directeur de la retraite : les conseils et les méthodes proposés dans le livre ne s'adressent point indifféremment à tout exercitant.

A la fin du chapitre IV, M. de M. souligne, en termes excellents, la valeur d'action morale, et même sociale, attribuée par tous les vrais mystiques à la contemplation.

Les *deux chapitres suivants* sont consacrés aux « phénomènes mystiques », et en particulier aux « visions et paroles surnaturelles ». L'auteur a raison de rappeler l'attitude extrêmement circonspecte de l'Église catholique, et des contemplatifs eux-mêmes, devant les faits extraordinaires, visions, révélations, prophéties, qui accompagnent souvent l'état d'union mystique. Et il a raison aussi d'observer que le problème de l'origine divine de ces manifestations mystiques secondaires reste, en tous cas, indépendant du problème de leur mécanisme psychologique. Signalons toutefois une imprécision : peut-on ranger parmi les « visions intellectuelles », pour autant du moins qu'on les oppose à l'état mystique essentiel, la contemplation immédiate, intuitive, non symbolique mais distincte, de la Très Sainte Trinité, point culminant (selon nous) des états d'union chez les grands contemplatifs catholiques ? L'exposé de M. de M. ne nous paraît pas absolument clair sur ce sujet, où quelques distinctions seraient utiles, sinon nécessaires. Pour les formuler, et en particulier pour distinguer la « ténèbre » dionysienne des hautes visions trinitaires, il faudrait se résoudre à une exégèse très délicate des textes, éclairée par la connaissance des « milieux » littéraires et théologiques.

Le *chapitre VII* est une description de l'extase, d'après les traits généraux qu'en fournissent les grands mystiques catholiques.

La critique psychologique de cet état d'extase fait l'objet du *chapitre VIII*. Les principales théories explicatives récentes sont passées au crible : purement psychologiques, ou plus spécialement « médicales », elles présentent toutes des éléments vrais et des lacunes évidentes. Les remarques personnelles de M. de M. sont toujours judicieuses et dignes d'attention. Ici ou là, néanmoins, nous n'y souscririons pas pleinement, par exemple en ce qui concerne la valeur psychologique de la tendance au monoïdéisme, ou bien au sujet de l'« inconscience » extatique, purement relative selon nous.

M. de M. conclut en ces termes son analyse de l'extase : « ... l'extase n'est ni une manifestation psychasthénique, ni même — suivant la définition qu'en ont donnée en dernier lieu MM. F. Raymond et Pierre Janet — une « altération mentale » s'adjoignant au délire du scrupule et parfois alter-

nant avec lui ; et, d'autre part, la théorie somnambulique, exposée plus haut, reste inadéquate à l'explication des faits » (p. 199-200). Toutefois, dans l'extase, la pathologie nerveuse et mentale « explique beaucoup de choses (Delacroix). Mais elle n'explique pas tout : elle ne donne raison ni du contenu ni de la valeur, extrêmement variable suivant les individus, des états mystiques » (p 201).

Du reste, « l'extase n'est pas, comme on l'a trop souvent affirmé, *le point culminant, le fruit le plus parfait* (Leuba) du mysticisme orthodoxe. Elle n'est qu'une étape vers un état permanent et tranquille — celui que décrit Se Thérèse dans ses septièmes demeures — où s'effacent les phénomènes *voyants*, les symptômes pathologiques » (p. 204).

Les conclusions générales du livre (*chapitre IX*) tendent à revendiquer « l'originalité du mysticisme catholique orthodoxe » ; à défendre « sa valeur morale et sociale » ; à réserver la question de la signification absolue, métaphysique et religieuse, des expériences mystiques ; enfin à pronostiquer « l'avenir du mysticisme, en particulier du mysticisme catholique orthodoxe ». A M. de M. cet avenir semble assuré, du moins dans l'Église catholique, moyennant une atténuation, et peut-être une disparition, des « phénomènes bruyants, jadis inséparables de la haute contemplation, et qui en étaient comme l'orchestration névrosée » (p.223). Soit : il y a du vrai en ceci, encore que l'insinuation finale puisse paraître un peu sommaire, et d'une sévérité excessive pour le passé. La vie mystique tendrait donc à devenir de plus en plus discrète dans ses manifestations, sans préjudice d'ailleurs des éléments substantiels et proprement religieux qui en font toute la valeur aux yeux d'un chrétien.

L'ouvrage se termine par sept « appendices », sortes de « notes » plus développées se rapportant à tel ou tel point du texte principal.

J. Maréchal, S. J.

XXIV

I. La Religion spirite, par Th. Mainage, professeur à l'Institut catholique de Paris. Un vol. in-12, 189 pages. 5e édition. — Paris, Revue des Jeunes, 1921.

II. Les Mystères de l'Hypnose, par Georges de Dubor. Un vol. in-12, de XII-336 pages, 4e édition. — Paris, Perrin, 1921.

III. Les Forces médiumniques. Conférences de M. le Professeur Pascal sur ses Recherches dans l'inconnu. Compte rendu. Une brochure in-18, de 87 pages. — Poitiers, Nicolas, Renaut et Cie. 1921.

I. Chacun a pu constater l'extension vraiment inquiétante qu'ont prise, depuis la guerre, les pratiques du spiritisme, et aussi, hélas ! la dangereuse confusion d'idées qui règne à ce sujet, même chez des catholiques. De cette situation, le Saint-Siège s'est ému, et, dans un décret récent, qui n'a point toujours été bien compris ni loyalement appliqué, a renforcé ses prohibitions antérieures contre la participation à des séances réellement spirites ou du moins prétendues telles. C'est dire que le livre du R. P. Mainage, O. P., vient à son heure ; on ne s'étonnera pas qu'un rapide succès de librairie ait déjà consacré cette opportunité.

Comme l'ont pu constater les lecteurs de la vaillante Revue des Jeunes — où paru plus d'une des pages groupées dans ce volume — l'auteur aborde son sujet avec une entière franchise : « Puisque, poussé par le désir d'éclairer et d'instruire, je me résous à entretenir mes lecteurs du spiritisme, je considère comme un devoir de conduire la discussion avec tout le sérieux et toute l'impartialité qu'on est en droit d'attendre d'un adversaire loyal. Passer outre, avec un sourire de pitié, aux étranges révélations des médiums, rejeter en bloc et sans examen les faits qui étayent ces révélations : le procédé est facile. Il est par trop scabreux. On donne à croire que le catholicisme n'est pas en mesure de rétorquer les arguments qu'on lui oppose et qu'il préfère se tirer d'embarras par une volte-face méprisante. On risque en outre de froisser et d'enraciner dans leurs idées plusieurs âmes qui, après tout, peuvent être de bonne foi. Ce procédé ne sera pas le nôtre » (p 10).

En raison même de sa parfaite loyauté, le livre du R. P. Mainage sera bienfaisant et pacifiant. Il répond d'ailleurs à la plupart des questions que se posent aujourd'hui, à propos des faits spirites, beaucoup de chrétiens cultivés, et même des incroyants connaissant du dehors le christianisme.

Le premier chapitre déblaie carrément le terrain : entre la doctrine spirite — soigneusement définie — et le dogme

catholique, le conflit est inévitable sur des points essentiels. Nous connaissons les titres intrinsèques de l'Église catholique à l'autorité doctrinale. Quels sont ceux du spiritisme ? On remarquera notre modération, et qu'en posant ainsi la question, nous faisons au spiritisme la part trop belle. Car, en vérité, nous eussions pu lui opposer la question préalable, fût-ce simplement en appliquant le critère évangélique : *ex fructibus dignoscetis*. A moins d'être aveugle et d'ignorer l'histoire, qui oserait attribuer d'égales présomptions de valeur à la « révélation chrétienne » et à la « révélation spirite » ? L'idée même d'un parallèle a quelque chose de choquant. Cependant « qu'il y ait dans le spiritisme une énigme à résoudre, une équivoque à dissiper, nous en convenons volontiers » (p.32). Et ceci suffirait à justifier notre enquête.

Dans le chapitre II, l'auteur expose les « inductions scientifiques du spiritisme ». Car voilà bien les titres que font sonner les docteurs de la religion nouvelle : un ensemble de faits extraordinaires, qu'ils interprètent comme des communications authentiques d'outre-tombe... On voit immédiatement que la conclusion spirite présuppose : 1° la réalité de ces faits ; 2° l'origine transcendante de ces faits, et en particulier l'intervention des âmes défuntes ; 3° la vérité des « messages » exprimés ou appuyés par ces faits.

Le premier présupposé est examiné, sans crédulité comme sans étroitesse, dans le chapitre III. D'aucuns trouveront le R. P. un peu bien accueillant. Du moins l'est-il à bon escient, parce qu'il estime raisonnablement devoir l'être. Et sans doute cette attitude vaut-elle mieux qu'un scepticisme buté, qui conduirait certainement à méconnaître quelques évidences de demain.

Les principales catégories de « faits spirites » étant admises comme réelles, il s'agit de les interpréter, c'est-à-dire, avant tout, d'en discerner les causes. Le chapitre IV écarte l'une des hypothèses spirites les plus en vogue : la théorie du « double » ou du « corps astral », intermédiaire entre l'âme spirituelle et le corps terrestre. Le R. P. M. montre toutes les difficultés auxquelles se heurte cette hypothèse, non seulement au point de vue philosophique, mais au point de vue même des « révélations spirites ». Quant aux faits bien constatés qui paraîtraient suggérer la réalité d'un « corps

astral », ils prouvent tout au plus l'émission, par le corps terrestre du médium, d'une énergie physique se diffusant, selon des lois encore mal connues, dans le milieu ambiant. (N. B. Il faut remarquer que plusieurs auteurs non-spirites appellent « corps astral » ce prolongement dynamique du corps visible. Dans ce sens restreint, rien n'empêche, en principe, d'affirmer la réalité d'un « corps astral » ou d'un « corps fluidique ».)

D'avoir éliminé la théorie du « corps astral », cela ne résout point encore le problème de l'origine ou de la cause productrice des « faits spirites ». Quelle est cette cause? Anges bons ou mauvais? âmes de défunts? pouvoir naturel du médium et des assistants? Par un raisonnement savamment gradué, allant du plus simple au plus complexe, du plus ordinaire au plus mystérieux, les lecteurs du chapitre V sont conduits à admettre, comme une probabilité très grande, sinon comme une certitude pratique, le caractère purement naturel des différents types de manifestations spirites : si exceptionnelles qu'elles paraissent, elles ne dépassent point les pouvoirs physiques et psychiques de notre nature humaine en cette vie mortelle ; elles trouvent d'ailleurs leurs analogues en dehors des séances spirites et sans aucun rapport à une doctrine religieuse quelconque. Aussi le R. P. M. peut-il intituler son intéressante dissertation : « Le spiritisme sans esprits ». Bien que la conclusion du R. P. soit aussi solidement établie qu'il était possible dans l'espace dont il disposait, quelques-uns (dont nous sommes) eussent souhaité une critique plus serrée et plus approfondie des possibilités d'explication scientifique qu'il fait entrevoir. Nous croyons d'ailleurs que cette critique plus exigeante (dans la mesure où elle est aujourd'hui possible) ne forcerait point à modifier les conclusions de l'auteur.

« Le spiritisme sans esprits » : quelques lecteurs de l'excellent petit volume que nous louons ici ont négligé — nous pûmes le constater — de lire assez attentivement, dans le chapitre VI, les correctifs pratiques qu'appelle cet ingénieux paradoxe. « L'Église soupçonne, dans les manifestations spirites, l'intervention accidentelle des puissances diaboliques » (p. 176). Sachant très bien, « d'une certitude qui devance la certitude scientifique, que ceux qui nous parlent

derrière les guéridons, les planchettes alphabétiques et les fantômes matérialisés, ne sont pas les esprits des morts,... en revanche elle redoute qu'à l'appel de la sensibilité et de l'imagination égarées, une autre présence ne réponde, qui revêtirait, pour nous tromper, l'apparence des morts » (p. 183. Voir aussi pp. 184-185).

Pour cette raison et pour d'autres encore, à peine moins décisives, les prohibitions anciennes et récentes du Saint-Siège, relativement à l'exercice du spiritisme, sont pleinement justifiées — le R. P. M. le montre en très bons termes : elles n'entraveront pas la vraie science, et elles sauvegarderont beaucoup d'âmes.

Nous regrettons que l'auteur, jugeant bon d'aborder, dans ses dernières pages, la question du miracle, ait dû le faire si sommairement : il est des lecteurs, catholiques ou incroyants, qui n'y trouveront pas une réponse assez explicite à des difficultés aujourd'hui fréquentes.

II. « Les mystères de l'hypnose », c'est-à-dire les phénomènes, parfois déroutants, de l'hypnotisme et du magnétisme. Nous dissocions à dessein *hypnotisme* et *magnétisme*, car M. de Dubor est de ceux qui tiennent pour le rapport étroit, mais aussi pour la distinction esssentielle, des phénomènes proprement hypnotiques et des phénomènes magnétiques.

Le but de l'auteur a été « de rédiger un ouvrage pouvant être mis dans les mains de toutes les familles et résumant, de façon claire et précise, tout ce que l'on sait, à l'heure actuelle, sur ces troublants problèmes » (Préface, p. VII).

Le livre est, en effet, clair, intéressant, un peu superficiel et suffisamment réservé. Il donne d'ailleurs une bonne vue d'ensemble du champ actuel de l'hypnotisme, exploré par les yeux d'un magnétiseur sérieux, pas trop exigeant sur les preuves — oh ! non — mais pas trop crédule non plus. Évidemment, un physicien ou un psychologue (ne parlons pas des médecins, qu'on soupçonnera toujours de rivalité professionnelle) mettraient parfois moins de bonne grâce à se laisser convaincre ; et leur scepticisme triompherait probablement sur tel ou tel fait particulier ; mais nous gagerions qu'au total M.de D. aurait le dernier mot. Praticien en magné-

tisme, il ajoute le témoignage de ses yeux à celui de tant d'autres magnétiseurs, médecins ou non. Cette circonstance confère à son livre une valeur qui dépasse souvent celle d'une œuvre de pure vulgarisation.

A ce titre, nous oserons dire que le présent ouvrage, écrit en dehors de tout prosélytisme religieux, illustre la proposition du R. P. Mainage : « le spiritisme sans esprits ». En effet, les phénomènes les plus impressionnants du prétendu spiritisme se retrouvent dans les états profonds d'hypnose et dans certains états de dissociation psychologique. Citons M. de D. : « La thèse sur laquelle repose mon œuvre est celle-ci : les phénomènes psychiques de télépathie, lucidité, télékinésie, lévitation, extériorisation de la sensibilité et de la motricité, maisons hantées, etc., tout cela n'a rien à faire avec le spiritisme tel qu'il doit être logiquement compris et formulé. J'entends en effet, par spiritisme, l'étude des manifestations aux vivants des esprits des morts. Or je crois pouvoir établir, comme base de mon travail, que tous ces phénomènes proviennent de sujets qui se dédoublent et se matérialisent, et nullement d'esprits venant se mêler à notre vie terrestre », (Préface, pp. VIII-IX).

Cette opinion est, d'ailleurs, aujourd'hui fort répandue dans les milieux adonnés à l'étude « scientifique » des faits de « médiumnité ».

III. Encore un témoignage du même genre : celui d'un catholique notoire, le Professeur J. Pascal, dont M. Lévrier publie, en résumé, deux curieuses conférences, intéressantes surtout par les observations personnelles qui y sont relatées.

J. Maréchal, S. J.

XXV

Critique et contrôle médical des guérisons surnaturelles, par le Docteur Le Bec, chirurgien honoraire de l'Hôpital S. Joseph de Paris, président du Bureau des Constatations de Lourdes. Un vol. in-12 de 264 pages. — Paris, Beauchesne, 1920.

Le petit livre du Dr Le Bec se présente comme le Manuel des médecins appelés, par l'autorité ecclésiastique, à faire

rapport sur des guérisons extraordinaires, supposées miraculeuses. On ne prétend pas, évidemment, suppléer en quelques pages aux gros Traités de pathologie générale et spéciale, mais seulement attirer l'attention de l'expert sur les particularités de sa fonction. Toute la première partie du volume — 156 pages — est consacrée à cet objet. Elle contient de très judicieuses remarques et intéressera aussi bien les curieux de choses théologiques que les médecins.

La seconde partie nous plaît moins. L'auteur y expose sommairement — trop sommairement — quelques généralités de biologie et de pathologie. Nous plaindrions les médecins auxquels ce résumé apprendrait grand'chose. Aussi bien ne sont-ce pas ses confrères que visait, en l'écrivant, le Dr Le Bec. Cette soixantaine de pages, et le Lexique qui suit, sont manifestement destinés à des ecclésiastiques peu familiarisés avec les choses médicales. Nous n'avons rien à redire à cela, sauf à constater — en le regrettant — que la seconde partie, trop élémentaire, compromet un peu la tenue scientifique de l'ensemble.

J. Maréchal, S. J.

XXVI

Le génie américain, par W. Riley, professeur de philosophie à Vassar College. Traduit de l'anglais par E. Renoir, agrégé de l'Université. Préface de M. H. Bergson. Un vol. in-8° de 172 pages. — Paris, Alcan, 1921.

Ce livre présente au public six conférences données en Sorbonne. Les deux premières concernent des groupements dont l'influence, parfois violemment hostile, contribue à donner à la démocratie américaine sa physionomie morale actuelle : les inévitables « pilgrim fathers » en majorité puritains ou Quakers et les « libres-penseurs », transfuges ou ennemis du Calvinisme, auxquels servent de type Benjamin Franklin et le président Thomas Jefferson. Les quatre dernières sont consacrées à des individus représentatifs tels que Lincoln, l'homme de la réflexion, Roosevelt, l'homme d'action, William James, le philosophe et Walt Whitman, le poète nébuleux de la démocratie. Le tout pourrait s'appeler

«De l'Amérique par un Américain». Le conférencier, en général, semble objectif. Il a su rester à égale distance de l'apologie continue et du dénigrement systématique. En somme, il a réussi à nous donner une bonne histoire spirituelle de ses compatriotes. Dans la préface, M. Bergson définit en quelques traits les éléments spécifiques du génie américain. Cette préface n'est pas la partie la moins intéressante du livre. C'est en tout cas la partie la plus intelligente, car M. Riley raconte et raille plus qu'il n'apprécie et ne juge : Ne raille-t-il pas avec quelque excès ? Ce qui est certain, c'est qu'en fermant le livre on ne regrette pas d'être un Européen, héritier d'une culture séculaire et incurablement imbu d'archaïques traditions. L'idéal démocratique américain ne m'a pas semblé exempt de quelque vulgarité.

F. J.

XXVII

La Linguistique ou science du langage, par J. Marouzeau, docteur ès lettres, directeur d'études à l'École pratique des Hautes Études. Un vol. de 188 pages — Paris, Geuthner, 1921.

On n'est pas embarrassé de dire son avis sur un tel livre : je l'ai lu, jusqu'à la dernière ligne du revers de la couverture, où j'ai été fort content de voir l'annonce d'un nouvel ouvrage de M. Marouzeau : *Terminologie linguistique*.

Le savant directeur de l'École des Hautes Études se trouvait de loisir forcé au camp de prisonniers de guerre de Crefeld en 1916 : que faire en un camp ?... M. Marouzeau entreprit de promener ses compagnons de captivité, tous étrangers à la Science du langage, à travers les domaines de la linguistique : Phonétique, Vocabulaire, Morphologie, Sémantique, Syntaxe, Stylistique, Grammaire descriptive, Grammaire historique, Grammaire comparée, Grammaire générale, Philologie.

On le voit à l'énoncé des chapitres, il y avait là matière à écrire un livre parfaitement illisible. Me croira-t-on quand j'affirmerai que de brillants essayistes n'intéresseront pas autant que ne le fait M. Marouzeau en nous exposant

ces rébarbatives disciplines ? Heureux auditeurs de pareils maîtres ! Nulle lourdeur d'érudition, nul pédantisme : une causerie charmante. Et qu'on ne s'y trompe pas : il y a là de petits chefs-d'œuvre : l'histoire d'un texte, p. ex. Il y a là des raccourcis qui ne dissimulent nullement ce que feu le professeur Collinet, de Louvain, se plaisait, avec un sourire guilleret, à présenter comme pierres de scandale linguistique.

Les curieux de la Science du langage ne seront pas les seuls à tirer profit de ce livre : les pages écrites en dehors de toute politique ou polémique sur les relations entre la race, le langage et la nationalité valent qu'on les médite.

L. De Coninck.

XXVIII

Les ressources du travail intellectuel en France, par Edme Tassy et Pierre Léris, avec une préface de M. le Général Sébert, membre de l'Institut. Un vol. in-8° de xxii-710 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1921.

Il ne s'agit pas ici d'un livre de lecture, mais d'un recueil de documentation, précieux pour tous les travailleurs de la pensée et dont l'analogue n'existait pas encore. Ce recueil vise à faciliter « l'organisation en France, d'un office national de documentation technique et industrielle », en répandant « la connaissance de toutes les sources d'information et de tous les organes intellectuels qui peuvent déjà exister et qui sont susceptibles d'être mis à la disposition de ceux qui peuvent coopérer à la réalisation de ce vaste programme ».

Il suffit, pour donner une idée de cet ouvrage, de reproduire ici les titres de ses chapitres :

Renseignements généraux. — Sociétés savantes. — Associations professionnelles. — Encouragements et aides financiers. — Créations diverses pour le perfectionnement des études et pour l'expansion intellectuelle. — Services et établissements scientifiques spéciaux. — Périodiques spéciaux. — Bibliothèques et dépôts d'archives. — Bibliothèques

circulantes, d'échange, de prêt. — Indications bibliographiques.

Cette nomenclature permet de saisir le genre de services que peut rendre un tel recueil dont il serait à souhaiter de voir paraître l'équivalent pour toutes les nations de haute culture.

PH. DU P.

REVUE
DES RECUEILS PÉRIODIQUES

ASTRONOMIE (1920)

Coopération internationale. — Le Conseil international de recherches. — L'Union astronomique internationale. — La Commission de la Relativité. — La Commission des Longitudes par télégraphie sans fil. — Le Bureau central international des télégrammes astronomiques.

Physique solaire et stellaire. — Les courants gazeux dans l'intérieur du Soleil. — Les couches successives de l'atmosphère solaire et des atmosphères stellaires. — Les étoiles nouvelles et la théorie cathodique (en note : protubérances solaires ; la période de l'activité solaire et l'éclairement de la Lune pendant ses éclipses totales). — La constitution interne des étoiles et l'entretien de leur énergie (en note : applications astronomiques de la pression de la lumière). — La mort de Norman Lockyer.

Mesure interférentielle des petites distances angulaires. — L'image de diffraction au foyer des instruments visuels (en note : les isophotes de l'image de diffraction d'un astre circulaire de grand diamètre ; le bord optique de cette image et la détermination du bord géométrique). — Interférence de deux faisceaux lumineux. — Disparition des franges d'interférence et distance angulaire des composantes d'une étoile double. — L'étude interférentielle de Capella.

Cosmogonie. — La stabilité de la figure piriforme (en note : le calcul de l'aplatissement de la Terre). — La formation d'un ou de plusieurs astres dans une nébuleuse homogène indéfinie. — Les progrès récents de la cosmogonie tourbillonnaire.

Coopération internationale

Du 18 au 28 juillet 1919 se tint à Bruxelles l'assemblée constitutive du *Conseil international de recherches.* Furent admis à sa fondation : la Belgique, le Brésil, les Etats-Unis,

la France, la Grande-Bretagne, l'Australie, le Canada, la Nouvelle-Zélande, l'Afrique du Sud, la Grèce, l'Italie, le Japon, la Pologne, le Portugal, la Roumanie, la Serbie. Furent invités à en faire partie : la Chine, le Siam, la Tchéco-Slovaquie, l'Argentine, le Chili, le Danemark, l'Espagne, le Mexique, la principauté de Monaco, la Norvège, les Pays-Bas, la Suède, la Suisse.

L'un des buts du Conseil est « la création d'associations ou d'unions internationales jugées utiles au progrès des sciences ». Le 26 juillet, l'assemblée créait l'*Union astronomique internationale*, dirigée par l'assemblée générale des délégués et administrée par un Bureau comprenant un Président, quatre Vice-Présidents et un Secrétaire général élus par l'Assemblée générale. Furent élus : Président, B. Baillaud (Paris) ; Vice-Présidents, W. Campbell (Mount Hamilton), F. Dyson (Greenwich), G. Lecointe (Uccle), A. Ricco (Catane) ; Secrétaire général, A. Fowler (Londres). (A. Ricco vint à mourir peu de temps après et fut remplacé par A. Abetti, Florence). — Les pays qui ont adhéré jusqu'ici (juin 1921) à l'*Union astronomique internationale* sont : la Belgique, le Canada, la France, la Grèce, l'Italie, le Japon, le Mexique, l'Espagne, les États-Unis et la Grande-Bretagne.

L'Union astronomique internationale nomme des commissions « pour l'étude de sujets déterminés d'astronomie, pour l'encouragement d'entreprises collectives et pour l'examen de questions de convention et de standardisation ». Les commissions nommées lors de la création de l'Union sont au nombre de trente-deux. Leur but fera voir quelles sont les questions astronomiques qui présentent actuellement le plus grand intérêt : 1° commission de la relativité ; 2° de réédition d'ouvrages anciens ; 3° des notations, des unités et de l'économie des publications ; 4° des éphémérides ; 5° des analyses de travaux et de bibliographie ; 6° des télégrammes astronomiques ; 7° de l'astronomie dynamique et des tables astronomiques ; 8° de l'astronomie méridienne ; 9° des recherches optiques théoriques et appliquées relatives à l'astronomie et à l'étude physique des instruments ; 10° de la radiation solaire ; 11° des spectro-hélio-enregistreurs des vitesses ; 12° de l'atmosphère solaire ; 13° des expéditions astronomiques, éclipses, etc. ; 14° des étalons de longueur

et tables de spectres solaires ; 15° de la rotation solaire ; 16° des observations physiques des planètes ; 17° de nomenclature lunaire ; 18° des longitudes par télégraphie sans fil ; 19° de la variation des latitudes ; 20° des petites planètes ; 21° des comètes ; 22° des étoiles filantes ; 23° de la carte du ciel ; 24° des parallaxes stellaires ; 25° de photométrie stellaire ; 26° des étoiles doubles ; 27° des étoiles variables ; 28° des nébuleuses ; 29° de classification spectrale des étoiles ; 30° des vitesses radiales stellaires ; 31° de l'heure ; 32° de la réforme du calendrier.

L'activité de la plupart de ces commissions s'est bornée jusqu'ici à des échanges de correspondances et à la rédaction de rapports. Les rapports rédigés par les Présidents des Commissions de la relativité et des longitudes par télégraphie sans fil sont particulièrement intéressants.

D'après A. Eddington, président de la Commission de la relativité (octobre 1920), l'organisation d'un travail collectif serait prématurée : on en est encore à la période des initiatives individuelles. Celles-ci ne manqueront pas de se concentrer sur les observations cruciales de la nouvelle théorie, à savoir le déplacement des raies du spectre, la déviation de la lumière dans le voisinage du Soleil, les perturbations inexpliquées des mouvements planétaires. La recherche des déplacements des raies du spectre est faite actuellement par C. St. John à Mount Wilson et par J. Evershed à l'observatoire de Madras (1). A cette recherche il y aura lieu d'ajouter celle d'un déplacement général vers le rouge dans le spectre des sources très éloignées, de manière à départager les théories de De Sitter et d'Einstein. L'éclipse de septembre 1922 présentera des circonstances favorables à l'observation de la déviation de la lumière. L'Angleterre organisera deux expéditions, l'une en Australie, l'autre aux Iles Christmas Quant aux mouvements planétaires, il s'agirait de mettre en œuvre les observations les plus récentes de manière à déceler les perturbations séculaires des éléments

(1) Evershed, *Displacement of the Lines in the Solar Spectrum and Einstein's Prediction*, OBSERVATORY, 1920, p. 153.

St. John, *Displacement of Solar Lines and the Einstein Effect*, OBSERVATORY, 1920, p. 158.

des planètes intérieures, particulièrement les perturbations du nœud de Vénus.

En mai 1919, le Bureau des Longitudes a proposé la détermination simultanée de la longitude et de la latitude de quatre points (1). Trois de ces points seraient situés dans l'hémisphère nord et leurs longitudes différeraient d'environ huit heures : Paris, Shanghaï et San-Francisco ; le quatrième point serait situé dans l'hémisphère sud et voisin de l'antipode de l'un des trois premiers, comme en Nouvelle-Zélande, antipode de Paris. — La Commission des longitudes par télégraphie sans fil, dont le Général Ferrié est le Président, a adopté ce programme, sauf à substituer Alger à Paris et à limiter le réseau principal aux trois sommets de l'hémisphère nord. Les stations émettrices seront Bordeaux, Honolulu et Annapolis. Les opérations commenceront pendant l'hiver 1923-1924 et comporteront aussi le rattachement au polygone principal de quelques autres sommets convenablement distribués, comme Greenwich, Paris, Wellington (Nouvelle-Zélande) et, au Congo belge, Élisabethville.

Dès sa fondation, l'Union astronomique internationale a créé un *Bureau central international des télégrammes astronomiques*, établi à l'Observatoire royal de Belgique sous la direction de G. Lecointe. Ce bureau a pour objet « de recevoir, de centraliser et de transmettre aux divers établissements et personnes abonnés, soit par voie télégraphique, soit par correspondance, des renseignements relatifs à des découvertes, des observations et des calculs astronomiques ». Depuis l'envoi de sa première circulaire, datée du 7 février 1920, le Bureau central a déjà rendu de grands services : l'annonce de la découverte d'une petite planète, d'une comète multiplie immédiatement les observations par le monde entier, provoque le calcul d'éphémérides provisoires qui, publiées à leur tour, sont bientôt améliorées par de nouvelles observations.

(1) É. Picard, B. Baillaud, Gal Ferrié. *Sur un projet du Bureau des Longitudes relatif à la détermination d'un réseau mondial de longitudes et de latitudes* C. R. Ac. Sc. Paris, t. 168 (1919, 1), p. 1074.

Physique solaire et stellaire

La température superficielle du Soleil est voisine de 6000°, et sa densité moyenne est 1,4. Aussi la plupart des théories solaires sont-elles d'accord pour considérer cet astre comme à l'état gazeux, mais dans les conditions extrêmes que lui imposent des températures très élevées et les pressions formidables dont il doit être le siège. Quelle est la nature de l'équilibre de cette masse gazeuse ? Les températures ont-elles fini par s'y égaliser par conduction, ou bien l'équilibre moyen consiste-t-il dans une permanente agitation tourbillonnaire au sein de laquelle l'énergie calorifique se transporte par convection ? En d'autres termes, y a-t-il équilibre isothermique ou équilibre convectif (1) ?

Plusieurs astronomes, parmi lesquels T. See, ont nié la possibilité de courants de convection dans une masse à laquelle, toute gazeuse qu'elle est, il est nécessaire d'attribuer une rigidité beaucoup plus considérable que celle de l'acier. Mais il faut prendre garde que le mot rigidité pourrait désigner tout autre chose à propos d'une masse gazeuse à haute pression qu'à propos d'un barreau métallique, et que les nombres par lesquels on l'exprime dans ces deux cas pourraient ne pas être comparables. La rigidité d'un gaz à haute pression est plutôt de la viscosité, et la plupart des physiciens solaires d'aujourd'hui admettent sa compatibilité avec des courants de convection. G. Gouy vient de leur apporter des arguments nouveaux (2). Dans les couches supérieures du Soleil, où les vitesses sont grandes et la viscosité médiocre, régnerait le régime tourbillonnaire. Mais là dans des couches de plus en plus profondes, pour lesquelles viscosité est de plus en plus grande, celle-ci éteindrait de mieux en mieux les agitations moléculaires locales, comme celles qui n'intéressent que quelques kilomètres ou quelques dizaines de kilomètres, pour ne laisser subsister que de grands courants ascendants et descendants dont les diffé-

(1) Voir Bosler, *Les Théories modernes du Soleil*, Paris, Doin, 1910, pp. 182 et suiv.

(2) G. Gouy, *Sur les courants gazeux dans l'intérieur du Soleil*, C. R. Ac. Sc. Paris, t. 170 (1920, 1), p. 638.

rences de température pourraient atteindre 1000°. « L'intérieur du Soleil serait ainsi formé d'une sorte de conglomérat de parties de densités différentes. Cela ressemblerait un peu à ce qu'on observe quand on mélange deux liquides visqueux, tels que deux sirops différents ; en agitant le mélange, on réalise un état dans lequel des stries persistantes mettent en évidence un défaut d'homogénéité qui ne disparaît qu'à la longue. »

Ces discussions théoriques ne peuvent se poursuivre que moyennant des schématisations sur lesquelles l'observation n'aura pas prise. C'est le spectroscope, au contraire, qui a révélé la composition de l'atmosphère du Soleil. On sait ce que l'astronomie solaire doit à H. Deslandres, directeur de l'observatoire astrophysique de Meudon. De 1892 à 1894, l'examen des raies du calcium, en particulier, lui a fait voir l'atmosphère du Soleil divisée en trois couches distinctes (1) : la couche inférieure, ou couche renversante, qui, sur le bord apparent de l'astre, s'éloigne d'une seconde de degré de celui-ci, et est caractérisée, par exemple dans la raie K du calcium, par le fond relativement sombre de la raie ; la couche moyenne, qui s'élève à cinq secondes, et est décelée par une double raie brillante ; la couche supérieure, qui s'écarte de dix secondes du contour apparent, et est révélée par la mince raie noire qui sépare les deux composantes de la raie brillante.

En 1892, la découverte des raies d'émission de la couche moyenne a fait ranger le Soleil parmi les étoiles à raies brillantes. On en connaissait fort peu à cette époque. Aujourd'hui Pickering en compte 750. Mais dans un article récent, Deslandres montre tout ce qu'il reste à faire dans cette direction (2). Les types stellaires voisins de celui auquel appar-

(1) Voir les communications de Deslandres dans les C. R. Ac. Sc. Paris, t. 115 (1892, 2), p. 22 ; t. 116 (1893, 1), p. 238 ; t. 119 (1894, 1), p. 457 ; t. 151 (1910, 2), p. 416 ; t. 154 (1912, 1), p. 1321. Sur l'ensemble des résultats, lire J. Thirion, *La Physique solaire depuis trois siècles*, Revue des Questions scientifiques, 3me série, t. 19 (1911, 1), p. 425.

(2) H. Deslandres, *Sur la reconnaissance dans les étoiles des couches successives de leur atmosphère, et des variations périodiques de ces couches*, C. R. Ac. Sc. Paris, t. 171 (1920, 2), p. 451. — L'auteur y répond à l'objection que, le Soleil étant gazeux, la surface ne peut

tient le Soleil sont à peine représentés dans les étoiles de Pickering : « Il y a là une lacune à combler. Il faut suivre pas à pas l'évolution des couches moyennes et supérieures de la chromosphère dans les étoiles successives [de la classification des types stellaires (1)], et l'accroissement progressif du calcium qui arrive à dominer l'hydrogène ». De pareilles recherches sont actuellement en cours à l'observatoire de Meudon, sur Arcturus et la Nova du Cygne.

La surface terrestre est électrisée négativement, et les couches d'air, à une certaine hauteur, le sont positivement. L'atmosphère solaire offrirait une pareille superposition de couches ionisées ; en particulier sa couche moyenne serait positive. La Terre et le Soleil émettraient une radiation analogue à la radiation γ du radium, et le noyau solaire contiendrait des corps radioactifs : ceci est confirmé par la présence d'une quantité notable d'hélium dans l'atmosphère solaire (2). La radioactivité des noyaux stellaires permet de donner à l'apparition des étoiles nouvelles une explication plus simple que celle de la rencontre de deux étoiles obscures : il s'agirait d'un astre unique, siège d'énormes éruptions volcaniques, « et ces éruptions peuvent être rapportées à des corps radioactifs qui sont contenus dans le noyau et accroissent peu à peu sa température ». Cette interprétation a été proposée par Deslandres en 1892 à l'occasion de la Nova du Cocher : il la précise aujourd'hui (3).

être séparée de l'atmosphère. La surface est un fait d'expérience ; que la discontinuité soit due à une cause physique ou à une cause optique, elle est aussi nette que possible. « A l'intérieur, on a un spectre continu très intense, et à l'extérieur un spectre continu beaucoup plus faible. J'appelle *atmosphère* tout ce qui est extérieur au bord et en dehors de la surface de discontinuité ».

(1) Il s'agit de la classification d'Harvard dans laquelle le type à nombreuses raies métalliques, auquel appartient le Soleil, est représenté par la lettre G. Les types voisins de part et d'autre sont les types F (Procyon ou α du Petit Chien) et K (Arcturus ou α du Bouvier).

(2) Sur la théorie cathodique du Soleil voir Deslandres *Histoire des idées et des recherches sur le Soleil*. Paris, Gauthier-Villars, 1906 ; l'ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITIDES pour 1907 ; les C. R. AC SC. PARIS, t. 124 (1897, 2), pp. 678, 1297 ; t. 126 (1898, 2), p. 1323 ; t. 134 (1902, 2), pp. 1134, 1486 ; t. 140 (1910, 2), p. 65.

(3) A propos de la physique solaire, signalons encore que la protubérance la plus élevée qui ait jamais été observée a été photographiée

L'année 1920 a été marquée par l'apparition d'une belle *Nova dans la constellation du Cygne*, complétant à peu près le parallélogramme dont trois sommets seraient les étoiles α, γ, et δ de cette constellation. Elle a été découverte le 21 août à l'observatoire de Greenwich, alors que sa grandeur était 3,3. A l'examen de photographies de cette région, on constate qu'elle était de la septième grandeur le 16 août. Sa grandeur passait déjà par son maximum (1, 4) le 24 août ; le 20 août elle était descendue à la quatrième grandeur et à la neuvième au début d'octobre (Hill Observatory). Son spectre (Observatoire de Meudon) est le spectre habituel des novae au premier stade de leur évolution, avec les raies de l'hydrogène et du calcium ; le dédoublement des raies et des déplacements considérables dans des sens inverses témoi-

le 8 octobre 1920 à l'Observatoire Yerkes de l'Université de Chicago (**Article de O. Lee dans l'ASTROPHYSICAL JOURNAL, t. 53, 1921**, p. 310). Cette protubérance prit naissance par une latitude solaire de 24° sud, et s'éleva jusqu'à une distance angulaire de 16' du contour apparent de l'astre, ce qui fait une hauteur de 831.000 km, ou 0,5 diamètres terrestres. Le spectroscope y constata des vitesses maxima de 77 km par seconde. — Une protéburance à grandes vitesses radiales a aussi été observée à Meudon par V. Burson, le 8 septembre 1920 (**C. R. AC. SC. PARIS, t. 171, 1920, 2, p. 570**, avec une note de Deslandres, même vol. p. 572) : les vitesses enregistrées ont atteint 132 km-sec, et les vitesses supérieures à 100 km-sec ont duré au moins une heure. La protubérance du 8 septembre présentait la circonstance très rare de prendre naissance dans la couche basse de l'atmosphère solaire.

D'après des notes parues dans les C. R. AC. SC. PARIS (t. 171, 1920, 2, pp. 1127 et 1207), A. Danjon a cherché une *relation entre la période de l'activité solaire et l'éclairement de la Lune pendant ses éclipses totales* par la lumière réfractée dans l'atmosphère terrestre. D'après les variations de cet éclairement, la période de l'activité solaire, de 1583 à 1912, aurait eu une valeur moyenne de 10,87 années, avec une inégalité périodique de 130 ans déplaçant les minima de 1,7 année par rapport à leurs dates moyennes. Ces conclusions s'appuient sur l'observation de 70 éclipses. La date du prochain minimum d'activité solaire serait 1923,4 ; d'ici là les éclipses de Lune seraient très claires, comme a été celle du 2 mai 1920, puis grises et sombres jusqu'en 1926.

Ch. Nordmann annonçant une étude plus détaillée, nous ne ferons que signaler ses premiers résultats qu'il vient de publier dans les C. R. AC. SC. PARIS (t. 171, 1920, 2, p. 392) sur *les pouvoirs absorbants des atmosphères des étoiles*.

gnent de deux composantes dont les vitesses d'éloignement et de rapprochement étaient voisines respectivement de 300 et de 850 km-sec. La température (température effective) a été mesurée à l'Observatoire de Paris : du 27 au 29 avril, alors que l'éclat décroissait, la température s'est élevée de 6100 à 7800° (1).

Au mois d'août 1920, la British Association s'est réunie à Cardiff. A. Eddington y a exposé les résultats les plus récents dans l'étude de la *constitution des étoiles* (2), et particulièrement ses propres résultats dans l'étude des *étoiles gazeuses* d'assez faible densité pour que les lois des gaz parfaits soient applicables aux éléments qui les constituent. Ce sont les *étoiles géantes*, par opposition aux *étoiles naines*, peut-être gazeuses elles aussi, mais dont la densité est bien plus élevée, de l'ordre de celle du Soleil. Or les étoiles géantes sont les plus brillantes, c'est parmi elles que nous trouvons les étoiles dont les noms nous sont les plus familiers, et environ les trois quarts des étoiles visibles à l'œil nu sont dans l'état de diffusion qui les caractérise. On connaît l'hypothèse de Lockyer d'après laquelle toute étoile, dans son évolution, passe de l'état diffus des étoiles géantes à l'état relativement condensé des étoiles naines, moyennant un accroissement puis une diminution de la température, dont le maximum correspond précisément à la transformation de l'étoile géante dans une étoile naine. A toute température inférieure à ce maximum correspondent donc deux états possibles dans l'évolution de l'étoile, et c'est, pour une température donnée, la différence des intensités lumineuses qui permet de distinguer ces deux états. De plus, lorsqu'il s'agit d'étoiles doubles, les densités mêmes peuvent être calculées. Enfin, le spectre de l'étoile semble permettre aussi, d'après des recherches récentes, de décider si la température croît ou décroît.

(1) Les journaux scientifiques de 1920 renferment de nombreux articles sur la Nova Cygni, particulièrement les C. R. de Paris et les MONTHLY NOTICES de la R. Astr. Society. Dans cette dernière revue, t. 81 (1920-1921), il faut citer spécialement J. S. Lockyer et D. L. Edwards, *Spectroscopic and magnitude Observations of Nova Cygni* 1920.

(2) A. S. Eddington, *The internal Constitution of the Stars*, THE OBSERVATORY, t. 43 (1920), p. 341.

Chaque étoile est un immense réservoir d'énergie rayonnante. Comment faut-il comprendre cet emmagasinement ? Dans les températures élevées que nous pouvons réaliser, l'énergie calorifique consiste presque uniquement dans l'énergie cinétique de l'invisible agitation moléculaire, et dans du fer, par exemple, porté au rouge, l'énergie, non pas cinétique, mais condensée dans les ondes d'éther parcourant la masse dans tous les sens, s'élève à peine à la milliardième partie de l'énergie calorifique totale. Si la température s'élève, cette disproportion s'efface rapidement, car, tandis que l'énergie cinétique ne croît que proportionnellement à la température absolue, c'est en raison directe de la quatrième puissance de celle-ci qu'augmente l'énergie de l'éther : dans les étoiles, ces deux parties de l'énergie deviennent comparables. Cette conclusion permet de renoncer aux courants de convection que l'on avait imaginés pour le transport de l'énergie calorifique des profondeurs à la surface de l'étoile. D'autre part, elle augmente l'influence de la pression de radiation sur les éléments qui constituent l'étoile et cette pression agissant en sens inverse de la gravitation enfle, pour ainsi dire, l'étoile, à peu près comme le ferait, dans un ballon, la pression d'un gaz qui y serait enfermé (1).

Dans l'étude d'une étoile, on peut considérer comme connues la masse, la densité et l'énergie rayonnée : il s'agit de

(1) Sur les conséquences astronomiques de la pression de l'énergie rayonnante, voir une note récente d'Eddington, *Radiation-pressure in Solar Phenomena*, dans les MONTHLY NOTICES de la R. Astr. Society, t. 80 (1919-1920), p. 723. Partant de la valeur 1,93 de la constante solaire, on y estime la pression de la lumière à la surface du Soleil à 30 dynes par cm^2. Au même point, le poids d'un gramme-masse de la matière solaire est de 26 700 dynes : de sorte que la pression de radiation ne peut soulever plus d'un milligramme-masse par cm^2. Si les protubérances avaient cette pression pour cause unique, une protubérance de 10 000 km d'épaisseur devrait avoir une densité exprimée par un nombre inférieur à 10^{-2} : ceci semble difficile à concilier avec les effets physiques observés et il faudrait chercher une autre cause à la formation des protubérances. Un calcul analogue montre que dans les queues cométaires, si elles sont dues à la pression de la lumière, la densité s'exprime par un nombre moindre que 10^{-17} ; mais ici ne s'élève pas d'objection contre cette extrême ténuité.

passer de ces données aux propriétés intimes du gaz censé parfait dont l'étoile est formée, à savoir son poids moléculaire moyen et sa perméabilité à l'énergie rayonnante. Ces deux inconnues sont elles-mêmes liées, de manière que, pour exprimer une valeur acceptable de l'une, il est nécessaire d'énoncer une valeur de l'autre acceptable dans la même mesure. Or on trouve, comme les plus vraisemblables, un poids moléculaire moyen compris entre 3 et 4, et un pouvoir de pénétration voisin de celui des rayons X, dont plus de la moitié serait absorbée sur une longueur de 20 cm pour une densité égale à celle de l'atmosphère terrestre.

Mais, demandera-t-on, à quelle température correspondent ces résultats ? Ils sont à peu près les mêmes pour toutes les étoiles gazeuses, malgré les différences énormes entre leurs températures, pour lesquelles on peut passer du simple au décuple. Comment expliquer cette quasi-indifférence à la température ? Sans doute, les inconnues cherchées, fonctions de la température, admettent-elles des limites dont elles sont bien proches aux températures stellaires. S'il en est ainsi, pour une transparence pratiquement invariable, l'énergie rayonnée ne dépend que de la masse de l'étoile, avec laquelle elle croît ; de fait, l'échelle des masses ainsi constituée concorde d'une manière satisfaisante avec celle suivant laquelle on avait déjà pu ranger les étoiles doubles.

Du rapprochement des résultats précédents on peut déduire l'intensité lumineuse par unité de surface, d'où, eu égard à l'éclat apparent, le diamètre apparent de l'astre. Que les tentatives actuelles de la mesure directe des diamètres apparents réussissent, et de la confrontation de ces mesures avec les nombres fournis par la théorie thermodynamique des étoiles sortira le triomphe ou la faillite de celle-ci.

Il y a une question à laquelle on ne peut pas se soustraire : Quelle est l'origine de cette énergie que rayonnent les étoiles, que rayonne le Soleil ? Depuis Helmholtz, il y a presque unanimité dans les réponses : c'est l'énergie de pesanteur libérée par la contraction de l'astre. Mais alors la naissance du Soleil ne daterait que de vingt millions d'années. Ceci suffit-il aux géologues, aux biologistes? Et les étoiles géantes? Elles dépensent leur énergie au moins cent fois plus vite que le Soleil, et nous allons voir que certaines étoiles, les Céphéides, ne subissent certainement pas cette rapide évolution.

Les Céphéides, dont la mieux étudiée est δ Céphée, sont des étoiles variables qui présentent une période de quelques jours et dont la variabilité n'est sûrement pas due à leur éclipse par un compagnon obscur. Leur couleur change avec leur éclat, et c'est bien là l'indice d'un phénomène physique dont l'étoile elle-même est périodiquement le théâtre. De toutes les hypothèses explicatives, celle d'une pulsation mécanique à la surface de l'étoile a bien résisté à toutes les confrontations. Mais si la densité variait rapidement, il en serait de même de la période de ce phénomène, et l'entretien de l'énergie rayonnante par la contraction de l'étoile diminuerait la période de δ Céphée de 40 secondes par an. Or, la période de δ Céphée ne diminue pas d'un dixième de seconde par an. — « Si la théorie de la contraction était présentée aujourd'hui comme une hypothèse nouvelle, il n'y aurait pas la moindre chance de la voir acceptée. Elle serait assaillie de tous côtés : par la biologie, la géologie, la physique, l'astronomie... Seule l'inertie de la tradition la laisse en vie, ou plutôt, non pas en vie, mais comme un cadavre sans sépulture ». Enterrons ce cadavre, conclut Eddington, et voyons où nous en sommes : c'est au sein de chaque atome de l'étoile que l'énergie est emmagasinée, et ce réservoir est à peu près inépuisable : le Soleil en renferme pour quinze milliards d'années.

Norman Lockyer (1836-1920). — La mort de Norman Lockyer a privé la physique solaire et stellaire de l'un de ses plus illustres représentants en même temps que de l'un de ses fondateurs. Le célèbre astronome anglais naquit à Rugby, dans le Warwick, le 17 mai 1836. Commis pendant treize ans au ministère de la Guerre, ce ne fut longtemps qu'en amateur qu'il s'occupa d'astronomie, s'aidant d'un petit équatorial de six pouces. Ses observations du Soleil commencèrent à l'occasion d'une controverse qui agita le monde savant de 1862 sur la nature des formations de la surface solaire comparées à des grains de riz par les uns, à des feuilles de saule par les autres. En 1865, ce fut la théorie de Faye sur les taches qui lui fit aborder l'étude spectroscopique du Soleil, et le 20 octobre 1868 il découvrit les lignes brillantes des protubérances. Sa communication à l'Académie

des Sciences de Paris fut lue dans la même séance que celle de Janssen qui, dans l'Inde, où il observait une éclipse totale, venait de faire la même découverte. Aussi l'Académie rapprocha-t-elle les traits des deux astronomes dans la médaille qu'elle fit frapper pour célébrer cet événement. Lockyer fut le premier à associer systématiquement les recherches de laboratoire aux observations spectroscopiques pour décider de l'origine chimique des raies du spectre solaire. C'est ainsi qu'une raie jaune de la chromosphère et des protubérances dut être attribuée à un élément extra-terrestre : l'hélium, que Ramsay devait retrouver trente-sept ans plus tard dans la clévéite, et que nous savons aujourd'hui constituer une émanation du radium. Lockyer étudia aussi dans le spectre solaire les raies telles que les déterminent les conditions de température et de pression, découvrit les raies du carbone et du silicium et appliqua le principe de Doppler-Fizeau à la mesure des vitesses radiales dans les protubérances. En 1879, il fut nommé astronome officiel et mis à la tête d'un observatoire de physique solaire, à Londres, dans South-Kensington. C'est en 1890 que Lockyer étendit ses recherches aux étoiles et aux nébuleuses et on lui doit une classification des étoiles basée sur une évolution dans laquelle la température serait d'abord croissante, puis décroissante. En 1913, l'observatoire astrophysique dut quitter South-Kensington et fut transféré à Cambridge. Lockyer, qui s'était opposé à ce choix, ne le suivit pas à Cambridge, et édifia le Hill Observatory, près de Sidmouth, dans le Devon. C'est là qu'anobli et comblé d'honneurs scientifiques, il mourut le 17 août 1920, dans sa quatre-vingt-cinquième année. Il laisse des centaines de notes dans les publications scientifiques — parmi lesquelles il dirigea la revue NATURE pendant plus de trente ans — et trois ouvrages principaux : *The Chemistry of the Sun* (1887), *The meteoric Hypothesis* (1890) et *Inorganic Evolution* (1900) (1).

(1) Sur Normann Lockyer, voir un discours de H. Deslandres dans les C. R. AC. SC. PARIS, t. 171 (1921, 2), p. 591 ; une notice de A. Cortie dans ASTROPHYSICAL JOURNAL, t. 53 (1921, 1), p. 233.

Mesure interférentielle des petites distances angulaires

Dans l'esprit de son constructeur, l'objectif d'un instrument visuel astronomique, lentille de réfracteur ou miroir de télescope, doit modifier le trajet des rayons lumineux émanés d'une source ponctuelle située sur son axe, de manière que ces rayons viennent se recouper en un point de cet axe qui sera d'autant plus voisin du foyer de la lentille, ou du miroir, que la source sera plus éloignée. On sait que ces intentions du constructeur ne peuvent pas se réaliser parfaitement pour plusieurs raisons, parmi lesquelles nous rappellerons le rôle des phénomènes de diffraction : l'image d'une étoile est un petit cercle brillant entouré de minces anneaux concentriques dont l'éclat décroît rapidement pour des anneaux de plus en plus éloignés de la tache centrale. Ces phénomènes sont d'autant mieux marqués que le faisceau lumineux recueilli par l'objectif est plus étroit : c'est pourquoi les grands observatoires sont munis d'instruments visuels dont l'objectif présente un diamètre considérable : l'observatoire de Mount Wilson en Californie possède des télescopes dont les miroirs ont des diamètres de 60 à 100 pouces, c'est-à-dire 152 et 254 cm. (1).

Mais si le faisceau lumineux se heurte à un écran qui ne le laisse passer que par deux fentes parallèles et symétriques par rapport à son axe, les pinceaux de rayons découpés par ces fentes interfèrent, et l'image de diffraction se compose d'une mince bande centrale et d'une double succession de minces bandes latérales dont l'éclat décroît rapidement : c'est le phénomène découvert par Young en 1801. — Quant à l'image d'une source dont le diamètre angulaire est sensible,

(1) La diffraction dans les instruments visuels a fait en 1920 l'objet d'un bel article de H. Nagaoka dans l'ASTROPHYSICAL JOURNAL (t. 51, p. 73) : *Diffraction of a telescopic Objective in the case of a circular Source of Light.* Cet article rappelle la bibliographie et reprend l'étude de la question, calcule l'intensité aux divers points de l'image et en particulier dans le voisinage de son bord, dessine les isophotes dans l'observation de divers phénomènes, et insiste surtout sur l'influence de la diffraction dans les observations de passage et la détermination des instants des contacts.

elle est constituée d'une bande centrale et de bandes latérales d'autant plus élargies que, pour une même distance des fentes du diaphragme, le diamètre angulaire de la source est plus grand. A chaque distance des fentes correspond donc une valeur du diamètre angulaire de la source pour laquelle les bandes empiètent l'une sur l'autre au point de ne plus être discernables, de former une tache lumineuse dont l'éclat est uniforme. Dès 1868, Fizeau a indiqué l'application de ce principe à la mesure du diamètre angulaire des astres. — Le même raisonnement s'applique à l'image d'une source dédoublée en deux sources pratiquement ponctuelles, comme le sont les deux composantes d'une étoile double dont les éclats sont égaux : à chaque distance entre les fentes du diaphragme correspond une valeur de la distance angulaire des deux sources pour laquelle il y a disparition des bandes d'interférence. — Moindre est le diamètre angulaire de l'astre, ou moindre est la distance angulaire des composantes de l'étoile double, et plus il faudra écarter les fentes du diaphragme pour arriver à la disparition des bandes d'interférence. Si les éclats ne sont pas égaux, la visibilité des franges ne fera que passer par un minimum

La première tentative d'application de la méthode de Fizeau fut faite par Stéphan à l'observatoire de Marseille, avec un diaphragme dont les fentes étaient distantes de 65 cm : les franges de l'image objective n'auraient plus été discernables pour des astres dont le diamètre angulaire n'aurait pas été inférieur à 0",15. Mais les recherches portèrent sur des étoiles, et pour aucune les bandes ne s'atténuèrent : le diamètre angulaire des étoiles les plus proches est une petite fraction de 0",15 ; s'il est, comme il semble, de l'ordre de 0",01, la distance des fentes diaphragmiques devrait atteindre une douzaine de mètres.

C'est en 1890, que Michelson reprit et précisa l'idée de Fizeau (1), ce qui lui donna l'occasion de corriger une erreur des formules de Stéphan. Dès l'année suivante, il lui suffit d'un équatorial de douze pouces pour obtenir de bonnes

(1) PHILOSOPHICAL MAGAZINE, 5e série, t. 30 (1890), p. 1 ; t. 31 (1891), p. 338 ; t. 34 (1892), p. 280. — AMERICAN JOURNAL OF SCIENCE, 3e série, t. 39 (1890), p. 115.

valeurs du diamètre apparent des satellites de Jupiter à la distance moyenne, à savoir

1",02 0",94 1",37 1",31

alors que les valeurs obtenues par des mesures micrométriques variaient du simple au double (1). En 1898, Hamy reprit ces mesures au grand équatorial coudé de l'observatoire de Paris, en y apportant une correction qui tînt compte de la largeur des fentes, ce qui lui fit trouver

0",98 0",87 1",28 1",31

(1) La mesure micrométrique du diamètre apparent d'un astre sphérique consiste dans le déplacement d'un fil, parallèlement à lui-même, dans le plan de l'image, de l'un à l'autre de ses deux contacts avec celle-ci. Ce sont les phénomènes de diffraction qui privent ce procédé de toute précision : aussi le diamètre du Soleil n'est-il pas connu d'une manière assez satisfaisante pour résoudre le problème de ses variations pendant la période des taches, ni celui de sa variation séculaire. — Or, M. Hamy vient de publier des travaux très importants *sur un cas particulier de diffraction des images des astres circulaires de grands diamètres* (C. R. Ac. Sc. Paris, t. 17, 1920, 1, p. 1143, et Journal de math. pures et appl., 8e série, t. 3, 1920, p. 153). Il s'agit de la fixation du bord vrai d'un astre circulaire d'après l'observation du bord de son image obtenue avec une lunette diaphragmée par une fente rectiligne. Une note antérieure (C. R. t. 169, 1919, 2, p. 822) a fait connaître la valeur de l'intensité lumineuse aux divers points de l'image. Le travail récent étudie le rapport des intensités absolues en un point quelconque et en un point du bord géométrique, en fonction de la distance angulaire du point quelconque au centre de l'astre. Les circonstances de l'observation doivent réaliser le cas dans lequel la variation de l'intensité relative est maximum dans le voisinage immédiat du bord géométrique. Le calcul caractérise ces circonstances favorables par une relation entre les deux dimensions de la fente, eu égard au demi diamètre apparent de l'astre et à la longueur d'onde de la radiation admise dans l'instrument. Lorsque les dimensions de la fente vérifient cette relation, l'aspect du contour solaire, à cause de la netteté de son bord, se prête mieux aux pointés que l'image fournie par la surface totale de l'objectif. Enfin, l'étude de l'intensité relative dans le voisinage du bord géométrique, dans le cas particulier des circonstances les plus favorables, conduit à la détermination expérimentale d'une correction permettant de rapporter les mesures faites sur le bord optique à ce qu'elles auraient été si on avait pu pointer le bord géométrique. Il y a lieu de rapprocher l'étude de M. Hamy de celle de H. Nagaoka signalée ci-dessus.

tandis que l'observation de la petite planète Vesta concluait à un diamètre apparent de 0".54 à la distance moyenne (1).

Mais l'espoir n'a pas été abandonné de mesurer le diamètre des étoiles. Comme on ne peut compter sur un objectif assez grand pour recevoir des fentes distantes comme il faudrait, Hamy a proposé un moyen détourné de rendre applicable la méthode de Fizeau-Michelson aux grands objectifs existants. D'autre part, Michelson, se rapprochant de plus en plus des conditions dans lesquelles doit se résoudre le problème final, vient d'entreprendre sur la distance angulaire des étoiles doubles une série de recherches qui ont brillamment réussi (2).

Des essais préliminaires eurent pour objet de s'assurer de ce que les perturbations atmosphériques ne gêneraient pas la formation des bandes d'interférence pour des fenêtres diaphragmiques de plus en plus écartées. Ces essais se firent en août et septembre 1919, d'abord avec la lunette de 40 pouces de l'observatoire Yerkes, puis avec le télescope de 60 pouces de l'observatoire de Mount Wilson. Les bandes d'interférence se montrèrent fort stables, malgré une mauvaise visibilité, cotée de 4 à 6 sur 10.

On eut alors recours, à Mount Wilson, au grand télescope de 100 pouces, pour lequel on jugea préférable de placer le diaphragme à peu de distance en avant du foyer de l'objectif même, de manière que son orientation se vérifiât plus aisément. Les résultats furent assez encourageants pour que G. Hale, directeur de l'observatoire californien, chargeât J. Anderson d'appliquer la méthode interférentielle à la distance angulaire des deux composantes de Capella, la belle étoile de la constellation du Cocher (3). Les mesures régulières commencèrent en février 1920. La distance entre

(1) *La détermination expérimentale du diamètre des astres*, ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES pour 1919, Notice B.

(2) A. A. Michelson, *On the Application of Interference Methods to astronomical Measurements*, ASTROPHYSICAL JOURNAL, t. 51 (1920), p. 257. Une note adressée à l'Académie des Sciences de Paris est à peu près la traduction de cet article : C. R. t. 171 (1920, 2), p. 15.

(3) J. A. Anderson, *Application of Michelson's interferometer Method to the Measurement of close double Stars*, ASTROPHYSICAL JOURNAL, t. 51 (1920), p. 263.

les fentes du diaphragme est invariable et égale à la moindre valeur qu'il soit possible de lui donner pour que les franges disparaissent ; l'écran est susceptible de tourner dans son plan autour de l'axe de l'instrument, et ses déplacements angulaires peuvent être mesurés. Pour une orientation déterminée du diamètre des fentes, l'ensemble de celles-ci est équivalent à un système de fentes plus écartées dont la distance se calcule en fonction de l'angle que fait le diamètre avec le plan déterminé par l'axe de l'instrument et les deux composantes stellaires (1).

Les résultats furent extrêmement concordants. La disparition complète des franges (plutôt que leur passage par un minimum de netteté) témoignent de ce que les deux composantes ont des éclats fort voisins. La distance angulaire tirée de toutes les observations fut trouvée égale à 0",05240 et cette grandeur, rapprochée des éléments spectroscopiques, permit un nouveau calcul des caractéristiques de Capella : une parallaxe de 0",0600, ce qui correspond à une distance de 3.437.750 rayons moyens de l'orbite terrestre ou 54 années de lumière ; une durée de révolution de 104 jours ; une distance moyenne des composantes égale à 130.924.000 km ou un peu moins que le rayon moyen de l'orbite terrestre ; des masses de 4,62 et 3,65 fois la masse du Soleil (2).

(1) La relation qui fournit la distance angulaire des sources en fonction de la distance des fentes s'écrit nécessairement au moyen de la longueur d'onde de la lumière recueillie. Capella appartenant au même type spectral que le Soleil, l'interféromètre a pu être étalonné au moyen de la lumière solaire (longueur d'onde efficace estimée à 0,550 μ).

(2) Au début de 1920, une nouvelle détermination de la parallaxe de Capella avait été faite à l'Observatoire de l'Université de Pittsburg à Allegheny ; on avait trouvé 0",063 ± 0",006 (Z. Daniel et F. Schlesigner, *The Parallax of Capella and its distant Companion*, ASTRONOMICAL JOURNAL, t. 32, 1919-1920, p. 163). — Les astronomes de Mount Wilson ont dû prendre des précautions spéciales pour compenser la dispersion chromatique des rayons lumineux par l'atmosphère terrestre. Cette dispersion a pour effet d'amener le centre du système de franges en dehors de l'axe de l'instrument, au point parfois de rendre les franges inaccessibles à l'observation, comme il est arrivé lorsque le diamètre des ouvertures et la direction de l'astre déterminaient un plan vertical. Des lames de verre à faces

Michelson ne limite pas à la distance des composantes des étoiles doubles, ni même au diamètre des étoiles, les applications de sa méthode ; celle-ci se prête à la résolution de tous les problèmes que comporte la mesure des distances angulaires, et ces problèmes sont nombreux : parallaxes stellaires, mouvements propres, variations des latitudes terrestres,.. Dans les observations correspondantes, les sources lumineuses seraient généralement trop écartées pour appartenir à la fois au champ de l'instrument Aussi deux prismes devraient-ils être placés devant les ouvertures du diaphragme, avec leurs arêtes parallèles entre elles et perpendiculaires à l'axe de l'instrument. L'ensemble serait orienté par rapport aux deux étoiles comparées jusqu'à ce que le plan perpendiculaire aux arêtes des prismes, qui est leur plan de réfraction, coïncide avec celui des directions des étoiles. Il faudrait enfin faire tourner les prismes autour de leurs arêtes jusqu'à ce que les faisceaux lumineux émanés des étoiles et réfractés par les prismes vinssent former des systèmes de franges superposés : tout changement dans la position relative des étoiles entraînera une modification de cette image lumineuse et, de la rotation des prismes nécessaire à rétablir cette image, on pourra déduire l'augmentation ou la diminution de la distance angulaire.

En juin 1920 l'observatoire de Mount-Wilson se préparait à appliquer la méthode interférentielle en utilisant des ouvertures distantes de 18 à 20 pieds, et le chroniqueur astronomique de 1921 aura la satisfaction de décrire la première mesure directe qui ait pu se faire de la grandeur d'une étoile.

Cosmogonie

L'année 1920 a vu paraître le tome quatrième du *Traité de mécanique rationnelle* de P. Appell. Publié avec le concours de A. Véronnet, il est consacré aux *figures d'équilibre d'une masse liquide homogène en rotation sous l'attrac-*

parallèles et de même épaisseur ont été placées devant les ouvertures, faisant un angle réglable avec l'axe de l'instrument. Mais cette disposition n'a pas été très satisfaisante et on se propose d'essayer un prisme compensateur.

tion newtonienne de ses particules. On sait combien cette question est étroitement liée aux études cosmogoniques. Le problème est double : l'équilibre et la stabilité. Une grosse difficulté a subsisté longtemps dans l'étude de la stabilité de cette figure d'équilibre voisine de l'ellipsoïde d'équilibre non de révolution à laquelle Poincaré a donné le nom de figure piriforme (1). Il faut remonter aux travaux de Poincaré (2). On y voit qu'il s'agit de calculer les premiers termes d'une série en les prenant assez nombreux pour que les termes non calculés ne puissent pas modifier le signe du résultat. En 1902 et 1903, G. H. Darwin, pensant avoir poussé le calcul assez loin, conclut à la stabilité de la figure piriforme, tandis qu'un mémoire de Liapounoff publié en 1905 aboutit à l'instabilité de cette figure. Les calculs ont été repris par J. H. Jeans en 1916 pour conclure à l'instabilité. Ils viennent de l'être encore par P. Humbert (3) : les termes non calculés par Darwin ont des valeurs absolues capables de modifier le signe du résultat, et cette vérification confirme la thèse de Liapounoff et de Jeans. — Dans le même ordre d'idées A. Véronnet a établi l'ordre dans lequel se succèdent les figures d'équilibre voisines de l'ellipsoïde de révolution, et en particulier les figures dites sectoriales qui coupent suivant des méridiens équidistants l'ellipsoïde de révolution, à peu près comme le fait la surface d'un melon par rapport à la surface quasi sphérique qui constitue sa forme moyenne (4).

(1) Pour un exposé en langage ordinaire, voir H. Poincaré, *Les formes d'équilibre d'une masse fluide en rotation* (REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES, déc. 1892), la notice écrite par P. Appell pour l'ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES de 1919 (*Figures d'équilibre relatif* etc.), et A. Véronnet, *Les figures d'équilibre d'un liquide en rotation, Travaux anciens et recherches récentes* (REV. GÉN. DES SCIENCES, t. 32, 1921, p. 325).

(2) On trouve la bibliographie dans le Traité de P. Appell.

(3) P. Humbert, *Les calculs de G. H. Darwin sur la stabilité de la figure piriforme* (C. R. AC. SC. PARIS, t. 170, 1920, 1, p. 38).

(4) A. Véronnet, *Figures d'équilibre d'un liquide en rotation, ordre de succession des figures critiques de bifurcation* (C. R. AC. SC. PARIS, t. 170, 1920, 1, p. 1303). Véronnet a pris une part importante aux recherches récentes sur ces questions d'équilibre. Voir aussi *Figures ellipsoïdales d'équilibre d'un liquide en rotation, Variation du grand*

C'est encore A. Véronnet qui nous fait assister à la *formation d'un astre isolé dans une nébuleuse homogène indéfinie* (1). Dans les conditions initiales que ce titre définit, les éléments restent en équilibre, attirés également dans tous les sens. On ajoute une masse quelconque en un point. Elle constitue un centre d'attraction et toutes les molécules se rapprochent symétriquement. Le calcul donne la masse condensée à chaque instant en fonction de la densité de la nébuleuse primitive et de la masse attirante initiale. Supposons la masse du système solaire répartie uniformément dans une sphère dont le rayon vaille 100.000 fois la distance des étoiles les plus rapprochées : le temps de formation d'une masse égale à celle du Soleil aurait été de 41, 227, 348 ou 408 millions d'années, respectivement pour une masse attractive initiale égale à celle de la Terre, d'un gramme, d'une molécule d'hydrogène ou d'un électron. Avec une densité quatre fois moindre, les durées de formation auraient été deux fois plus grandes, et « de faibles différences de densité du milieu ont pu introduire, sur des millions d'années, des différences de phase énormes dans l'évolution des différentes régions de l'univers... Il semble ainsi que notre Voie lactée, où se trouve notre Soleil, n'est pas un système stellaire séparé, mais simplement une *région* d'étoiles brillantes, à formation achevée formant un plan plus ou moins régulier, région qui serait comprise entre deux régions de nébuleuses, ou de systèmes en formation, où la densité primitive était plus faible et l'évolution plus lente que dans le plan de la Voie lactée ».

Mais on calcule aussi la *température de formation d'une étoile dans une nébuleuse homogène indéfinie* (2) en fonction

axe avec moment de rotation constant, dans le JOURNAL DES MATH. PURES ET APPL., 8e série, t. 2, 1919, p. 211. C'est lui qui dans sa *Thèse* (1912) a calculé la meilleure valeur de l'aplatissement terrestre, 1 : 297,17, avant les résultats des grandes triangulations américaines qui devaient admirablement confirmer cette prévision théorique. Un article récent améliore ce nombre en seconde approximation et le transforme dans 1 : 297,19 (*Valeurs de l'aplatissement de la Terre obtenues par le calcul et par les mesures*, C. R. AC. SC. PARIS, t. 171, 1920, 2, p. 545).

(1) C. R. AC. SC. PARIS, t. 170 (1920, 1), p. 40.

(2) A. Véronnet, C. R. AC. SC. PARIS, t. 170 (1920, 1), p. 1565.

des circonstances initiales, parmi lesquelles la densité du milieu ; et comme la température de formation du Soleil a dû être au moins égale à sa température actuelle, on en déduit une limite minimum de la densité de la nébuleuse primitive : elle correspond à la dispersion de la masse du Soleil et des planètes dans une sphère dont le rayon vaut 500.000 fois le rayon de l'orbite terrestre ; et il suffit que le Soleil se soit formé autour d'un noyau qui ait valu la millième partie de sa masse actuelle pour que sa durée de formation n'ait pas pu dépasser 200 millions d'années. — Enfin les mêmes problèmes se résolvent pour la *formation d'un ensemble d'astres dans une nébuleuse homogène indéfinie* (1). La température de formation de chaque astre passe par un maximum qui, pour Jupiter et Saturne, aurait été respectivement 5,74 et 17,1 fois moindre que celui du Soleil.

D'après É. Belot, notre système solaire serait dû à la rencontre d'une nébuleuse amorphe et d'une nébuleuse allongée animée d'un mouvement de rotation rapide autour de son axe, à la manière d'un projectile sortant d'un canon rayé. Heurtant de la tête la nébuleuse amorphe, le projectile cosmique va vibrer longitudinalement, et sa surface va se strier transversalement, comme le fait celle d'une veine liquide arrêtée par un plan. Il y aura une nouvelle percussion lors de la pénétration de chaque renflement. Le résidu non dispersé du tourbillon primitif serait devenu le Soleil. Les renflements se seraient épanouis en des nappes tourbillonnaires dont chacune se serait repliée en un tourbillon planétaire et aurait donné naissance à une planète (2).

Depuis le premier exposé de son hypothèse, É. Belot n'a pas cessé de la préciser et d'en montrer des confirmations. Voici, en 1920, un premier article faisant ressortir qu'une loi des distances planétaires n'est pas admissible par cela seul qu'elle est proche de satisfaire numériquement aux

(1) A. Véronnet, IBID., t. 171 (1920, 2), p. 707.

(2) Sur cette hypothèse, voir É. Belot, *Essai de Cosmogonie tourbillonnaire* (Paris, Gauthier-Villars, 1911) et le dernier chapitre des *Leçons* de Poincaré sur *les hypothèses cosmogoniques* (Paris, Hermann, 2e éd. 1913).

distances observées (1) : les paramètres qui y sont introduits doivent être susceptibles d'une interprétation physique. Dans un second article (2), l'auteur étend sa conception à la formation de l'univers stellaire tout entier : il y a là une synthèse qui sera probablement publiée bientôt dans une forme moins concise. D'après une autre note (3), l'hypothèse cosmogonique proposée permet de concilier, quant à la formation du système planétaire, les exigences de la géologie demandant plus de 300 millions d'années et celles de la thermodynamique constatant qu'au taux actuel de radiation, la contraction du Soleil n'a pas pu lui assurer, dans le passé, une durée de plus de 32 millions d'années. Enfin, la lecture d'une note sur la distribution des masses dans le système solaire est nécessaire à se faire une idée précise des conceptions de Belot (4). Il s'agit d'expliquer la division des planètes en deux groupes, l'un de quatre planètes denses et de faible masse, l'autre de quatre planètes légères et de grande masse, séparées par une zone d'astéroïdes dont les aphélies se distribuent d'une manière singulièrement simple sur un plan perpendiculaire à l'écliptique. Les planètes intérieures auraient été formées de matériaux assez denses pour que la gravitation l'emporte sur la pression de radiation, tandis que les planètes extérieures auraient été formées de matériaux ayant cédé davantage à la pression de radiation. Ces deux zones d'influences dominantes auraient été séparées, dans la nébuleuse amorphe, par une surface assimilable à un paraboloïde de révolution autour de la trajectoire du tube tourbillon primitif, et ce sont les matériaux

(1) É. Belot, *Forme nouvelle de la loi des distances des planètes et des satellites faisant ressortir la formation spirale d'un système planétaire et la cause de la rotation des planètes* (C. R. Ac. Sc. Paris, t. 170, 1920, 1, p. 579).

(2) É. Belot, *Classification dichotomique de tous les astres dans l'hypothèse de leur formation par choc cosmique* (C. R. Ac. Sc. Paris, t. 170, 1920, 1, p. 658).

(3) É. Belot, *Sur l'origine de la chaleur solaire et stellaire* (C. R. Ac. Sc. Paris, t. 170, 1920, 1, p. 1563).

(4) É. Belot, *La loi de la distribution des masses dans le système solaire et l'origine des petites planètes* (C. R. Ac. Sc. Paris, t. 171, 1920, 2, p. 704).

voisins de cette surface qui, en équilibre instable, se seraient condensés dans les petites planètes dont l'anneau s'étend entre les orbites de Mars et de Jupiter.

M. ALLIAUME.

PHYSIOLOGIE

Les Glandes à Sécrétion Interne (1). — Il existe à la face antérieure du cou, situé un peu en dessous du larynx, un organe de structure glandulaire : le corps thyroïde. Dans certaines maladies, ce corps thyroïde peut augmenter considérablement de volume : on parle alors de goître. Cette glande, puisqu'on y retrouve l'aspect typique d'un tissu glandulaire, ne possède pas de canal excréteur ; longtemps son rôle est resté ignoré, et ce n'est guère que depuis la fin du siècle dernier que, grâce surtout aux travaux cliniques, nous connaissons mieux sa fonction.

A l'heure actuelle, deux maladies de la glande thyroïde sont bien caractérisées : l'une est due à une augmentation, l'autre à une diminution de son activité et leurs symptômes sont exactement opposés. La première est le goître exophtalmique ; la seconde, le crétinisme myxœdémateux.

Dans le goître exophtalmique, la glande est très développée, travaille trop. Ces malades sont maigres, la peau est mince, moite ; les yeux brillent et sortent pour ainsi dire des orbites. On observe un tremblement continu de l'extrémité des membres, des gestes rapides, une agitation, une hyperexcitabilité perpétuelle.

L'état opposé, le myxœdème se développe à la suite d'atrophie congénitale, ou de dégénérescence de la glande chez l'enfant. A voir un de ces petits malades on comprend

(1) Gley, *Quatre leçons sur les Sécrétions Internes*. 1920.
E. A. Schafer, *Les Sécrétions Internes* (trad. franç. 1920).
Geikie Cobb, *The organs of internal Secretion*. 1918.
A. Biedl, *Innere Sekretion*.
Vincent Swale, *Internal Secretion and Ductless Gland*.

qu'on ait appelé cet état le crétinisme myxœdémateux : la peau est sèche, épaisse, les poils sont durs et cassants, les yeux ternes, les mouvements lents. Ces sujets sont lourds, petits, apathiques, l'intelligence est paresseuse.

Le traitement, appliqué à chacun de ces cas, est logique, et la médecine compte là quelques-uns de ses beaux succès. Lorsqu'on a à combattre une hypersécrétion de la thyroïde, on peut, soit lier quelques-unes des artères nourricières de cette glande (il y en a six en tout), soit franchement enlever une partie de la glande. A la suite de ces opérations, les symptômes s'amenderont. Les chirurgiens ont appris cependant qu'il fallait être prudent, et ne pas, ainsi que cela s'est pratiqué au début, enlever l'organe tout entier. On guérirait ainsi le goître exophtalmique, mais en provoquant le myxœdème.

Contre le crétinisme, on prescrit aux malades l'ingestion soit d'extraits, soit de corps thyroïde de mouton comme tel : les résultats sont splendides. Tous les traités de pathologie illustrent le chapitre consacré à ce sujet de photographies prises avant et après le traitement : la seule expression des yeux trahit un changement total et profond : de véritables idiots mués en babies splendides. Mais ici encore, il faut être prudent : l'ingestion de trop de thyroïde provoquerait l'état opposé : l'exophtalmie. Cette méthode de traitement, l'administration d'organes d'animaux, constitue l'opothérapie.

Cet ensemble de faits a vivement attiré l'attention. Le corps thyroïde, dont l'activité régulière est indispensable à l'organisme, comment agit-il ? Les physiologistes sont arrivés à la conclusion qu'il sécrétait dans le sang, dans le milieu interne, une substance qui, charriée par le sang, baignait toutes les cellules du corps et agissait ainsi à distance, d'où le nom de « chemical messenger » — messager chimique — que lui donnent les Anglais. Comme nous venons de le voir, le degré plus ou moins grand d'activité de la thyroïde réagit sur toute une série d'organes : les yeux, le cerveau... — Par quelle voie se transmettent ces influences ? Autrefois, pour expliquer pareille action à distance dans l'organisme, on invoquait uniquement la voie nerveuse. — Ici, c'est le sang qui transporte une substance sécrétée par le

corps thyroïde : c'est la voie sanguine qui relie ces différents organes.

A côté des glandes à sécrétion externe, telles les glandes salivaires, il y a donc des glandes qui écoulent leurs produits dans le sang même : glandes à sécrétion interne ou glandes endocrines. Les produits ainsi charriés ont reçu le nom d'hormones.

La thyroïde n'est pas seule de cette espèce : depuis, on a découvert cette même fonction dans une série d'organes.

Certaines glandes même sont doubles : tel, le pancréas qui déverse son suc pancréatique dans le duodénum, sécrétion externe, et qui en même temps, nous le verrons plus loin, agit par sécrétion interne.

Cette théorie constitue une des plus belles acquisitions de la biologie moderne. De toute part, on se livre activement à son étude qui promet, il suffit de songer à l'exemple choisi, d'être extrêmement féconde. Les méthodes de travail sont variées : on peut, chez les animaux, enlever ces organes et observer les suites ; ou leur injecter des extraits de semblables organes pris chez d'autres animaux. Dans certains cas pathologiques enfin, la nature réalise de véritables expériences : on a vu combien l'étude des goitres a été fructueuse. Chaque procédé a, bien entendu, ses avantages et ses dangers : le biologiste doit user dans ses raisonnements de la plus grande prudence et ne peut en général conclure que d'une série d'expériences diverses, dûment contrôlées et répétées.

Dès la première heure, l'extraction, l'isolement, la préparation synthétique des hormones, produits de sécrétions internes, avait tenté les chimistes ; et pour certains d'ailleurs ils ont réussi.

Les physiologues s'accordent en général pour attribuer à ces substances les propriétés suivantes :

1° Une formule chimique relativement simple. Ce ne sont pas des albumines ;

2° Elles dialysent facilement. On connait le phénomène de la dialyse : Si on plonge dans l'eau courante un sac de collodion contenant une solution d'albumines et de sels, les grosses molécules d'albumine seront retenues par les pores du sac, tandis que les molécules de sel pourront passer

au travers et seront attirées vers le liquide extérieur. On peut de la sorte enlever à une solution d'albumine les sels qu'elle contient. Si les hormones sont des substances dialysables, c'est que, étant donnée la simplicité de leur formule chimique, ils passent au travers des pores de la membrane de collodion ;

3° Ces substances sont identiques dans toute la série animale. L'hormone thyroïdien, par exemple, est un seul et même corps chez tous les animaux. (Cette proposition ne semble cependant pas, à l'heure actuelle, reposer sur des arguments bien décisifs) ;

4° Elles sont facilement oxydables et rapidement détruites dans l'organisme ;

5° Elles possèdent une action oligodynamique : une trace de substance produit un effet physiologique considérable.

Il ne peut être question de parcourir en un court aperçu bibliographique l'ensemble des travaux consacrés ces dernières années aux sécrétions internes. Nous avons voulu marquer ici certaines étapes importantes, signaler quelques controverses, indiquer les nouvelles voies où semblent s'engager une partie des recherches. Cet exposé sera donc incomplet et ne traitera pour chaque organe que de quelques points spéciaux.

La Glande thyroïde. — En 1916, Kendall annonça qu'il était parvenu à isoler le principe actif de la glande thyroïde (Endocrinology 1917. — Collected Papers of the Mayo Clinic 1916-1917. — American Journ. of Physiol. 1918). Jusqu'à l'heure actuelle, cette découverte ne semble pas avoir été contrôlée par d'autres laboratoires ; il est donc prudent, tout en admettant les travaux de Kendall, d'attendre quelque temps, pour se former une opinion définitive, motivée. Kendall, qui travaille à la clinique Mayo et y dispose d'un outillage tout américain, a traité 3.200 kilos de thyroïde de porc, et en a retiré 33 grammes d'un principe actif, cristallisé, qu'il appelle la « thyroxine ». Il en donne la formule chimique, C^{11} H^{10} O^3 N I^3, l'acide trihydro-triiodo-oxy-indol-propionique. En décembre 1917, il annonça qu'il

en avait réussi la synthèse ; ce corps est livré depuis dans le commerce, mais à un prix actuellement inabordable.

Cette substance est douée de propriétés physiologiques extrêmement actives : un demi-milligramme par jour suffit à traiter le crétinisme myxœdémateux. De petites quantités provoquent chez une personne normale une augmentation rapide et notable du « métabolisme basal ».

Les Américains ont lancé ce terme de métabolisme basal pour qualifier une notion découlant d'un ensemble de faits déjà connus antérieurement. Une série de facteurs, dont les principaux sont la digestion, le mouvement musculaire, augmentent temporairement les combustions de notre organisme. Prenons un individu donné, mettons-le au repos complet, écartons toutes les causes qui pourraient augmenter ses combustions et mesurons, soit la quantité de calories qu'il excrète (calorimétrie directe) soit l'intensité de ses échanges gazeux (calorimétrie indirecte). Cette dernière méthode est la plus pratique, et consiste à mesurer la quantité 1°) d'oxygène absorbé ; 2°) d'acide carbonique rejeté par les poumons ; 3°) d'azote excrété. De ces données on peut déduire la valeur limite inférieure de ses combustions au repos complet, en bon état de santé : c'est le métabolisme basal. Chez un individu normal cette caractéristique individuelle reste remarquablement constante pendant toute la vie adulte. Si, à un sujet donné, dont on connaît le métabolisme basal, on donne de la thyroxine, on observe que, sans aucune cause extérieure, ses combustions sont plus intenses. L'hormone thyroïdien provoque réellement un gaspillage d'énergie, sans travail utile. On comprend que dans les maladies de la nutrition, diabète, goître, l'étude de ces échanges respiratoires peut donner des résultats intéressants.

Les propriétés de la thyroxine cadrent donc parfaitement avec ce que nous savons de la glande thyroïde en particulier et avec l'idée qu'on s'est formée des hormones en général.

C'est une tendance générale de l'école américaine d'appliquer à tous les problèmes de pathologie, les méthodes de recherches physiologiques : analyse des gaz du sang, détermination de la concentration des ions hydrogènes, de l'acidité, par l'électrode d'hydrogène.

Une des plus remarquables tentatives dans cette voie, est celle du « rein artificiel » (Abel, *The mellon Lecture Science*, 1915). Abel, après avoir rendu incoagulable le sang d'un chien, fait circuler ce sang à travers de longs et minces tubes de dialyse, pour le faire ensuite à nouveau rentrer dans la circulation générale. Ces tubes sont plongés dans un bain à 37° contenant les mêmes proportions de sels que le sérum de l'animal. Le tout constitue un véritable « rein artificiel ». Une substance dialysable étrangère, introduite dans une veine du chien, va, en circulant au travers de ce système, dialyser et passer du sang dans le liquide extérieur. On a pu ainsi injecter à un animal 3-4 fois la dose mortelle de salicylate, la retirer, la filtrer du sang sans que le chien présentât de troubles.

Depuis, on a essayé de tirer parti de cette méthode dans le traitement de l'urémie. Lorsque les reins ne fonctionnement plus, les substances toxiques qu'ils sont chargés d'excréter, s'accumulent dans le sang, et produisent rapidement un ensemble de symptômes alarmants : c'est l'urémie. Pourrait-on de la même façon dialyser *in vivo* le sang de ces urémiques, et en extraire les substances toxiques qui s'y sont accumulées ? Il ne faut pas se faire d'illusion. On ne se représente pas actuellement une telle méthode de traitement, mais c'est là une voie intéressante.

Les Parathyroïdes. — Ce sont de petits nodules, au nombre de quatre généralement, deux inférieurs, deux supérieurs, qui sont enclavés dans l'épaisseur du corps thyroïde, ou disposés à proximité de cet organe (para-thyroïdes).

Leur rôle est encore fort discuté ; au début, ils ont été confondus avec le corps thyroïde. Certains auteurs n'y voyaient d'ailleurs que du tissu thyroïdien non encore évolué. Cette opinion semble définitivement abandonnée.

L'ablation des parathyroïdes détermine des accidents tétaniformes qui ne rappellent en rien ceux du myxœdème. Les animaux, ayant subi cette opération, présentent des contractions musculaires saccadées, provoquant des crises de tremblements brusques, cloniques ; c'est la tétanie. Cette hyperexcitabilité, purement périphérique, est localisée à la plaque terminale : une excitation électrique, appliquée au nerf moteur, trop faible pour provoquer chez un individu normal une contraction musculaire, déclanche chez un tel animal une série de secousses musculaires.

En clinique, une maladie, la tétanie infantile, rappelle beaucoup les symptômes de cette tétanie opératoire. On a été amené à rechercher si réellement ce syndrome pouvait relever d'un trouble de la sécrétion interne des parathyroïdes.

Y a-t-il entre ces deux états, tétanie opératoire, tétanie médicale, des points de contact ?

Une première piste a été le métabolisme du calcium. Certains troubles, retard de la calcification des os, déformations dentaires, se rencontrent dans les deux complexes. A l'heure actuelle, on semble plus porté à mettre en cause le métabolisme de la guanidine, dérivé de la créatinine. Voici les arguments invoqués (Noel Paton, Finslay : QUART. JOURN. EXP. PHYSIOL. 1917).

1° La guanidine en injections reproduit les symptômes de la tétanie.

2° Le taux de la guanidine est augmenté dans les urines chez le chien parathyroïdectomisé, ainsi que chez l'enfant atteint de tétanie.

3° La créatinine, d'où dérive la guanidine, se rencontre normalement dans les urines des enfants de 2 à 15 ans, âge où la tétanie est fréquente ; mais cette même créatinine n'existe pas chez le nourrisson d'au-dessous de six mois, âge où la tétanie est rare.

Ces résultats ne sont pas définitifs ; on ne peut guère conclure à l'heure actuelle.

Le corps pituitaire. — C'est un petit organe, pesant chez l'homme environ un demi-gramme, appendu à la base du cerveau et reposant dans une excavation de la boîte crânienne : la selle turcique.

On y distingue deux portions : l'antérieure, glandulaire, richement vascularisée ; la postérieure, nerveuse, composée surtout de cellules de neuroglie.

Le lobe antérieur est en relation avec le développement du squelette et avec la croissance. Deux types cliniques sont bien établis : D'une part, l'acromégalie, due à une hypertrophie, à une hypersécrétion : ces malades, des adultes d'habitude, changent complètement d'aspect en quelques années. Il est frappant de comparer une série de photographies du même individu, prises chaque fois à six mois d'intervalle : le visage se modifie totalement : on voit le squelette s'hypertrophier, les lèvres s'épaissir, les doigts deviennent boudinés.

Le type opposé, suite d'un déficit de cette sécrétion, est

la distrophie-adiposo-génitale : taille petite, énormes dépôts de graisse sous la peau.

Le lobe postérieur du corps pituitaire produit un hormone : la pituitrine, qu'on n'est pas parvenu à isoler. L'action de cette substance sur les muscles lisses est remarquable ; il serait trop long d'analyser ici en détail cette action. Les médecins utilisent cette propriété pour provoquer les contractions de l'utérus. A l'heure actuelle, l'action de la pituitrine sur les muscles lisses a donné lieu à 5000 publications !

Le lobe postérieur est en relation avec la sphère génitale. A signaler l'expérience de Clarck : En administrant de la glande pituitaire à des poules, il voit le taux de la ponte augmenter considérablement (Journ. of Biol. Chem. 1915).

Le Thymus. — Situé dans la cage thoracique, au-devant des gros vaisseaux du cœur, cet organe se développe pendant la période embryonnaire, pour subir, dès les premières années de la vie, une atrophie, de sorte que chez l'adulte, on n'en rencontre plus que des traces. C'est donc un organe de la première enfance.

Il existe des relations étroites entre l'état du thymus et le développement général. Deux faits : la castration entraîne une persistance anormale du thymus ; l'ablation de cet organe accélère la puberté.

Certaines expériences aussi semblent favorables à cette interprétation : Lorsqu'on nourrit des têtards de grenouille avec de la glande thyroïde, la métamorphose est considérablement accélérée : les sujets en expérience ont déjà l'aspect de petites grenouilles, alors que les témoins n'ont pas encore évolué. Il ne faudrait cependant pas exagérer la portée d'un tel fait : il est fort difficile de conserver et de nourrir les différents lots dans de mêmes conditions. Ce qui est plus intéressant, c'est que si on nourrit de tels embryons avec du thymus, la métamorphose est arrêtée, et on obtient des têtards géants plus développés que les témoins, mais arrêtés dans leur évolution.

Tous ces faits semblent bien indiquer que le thymus est une glande endocrine, et cependant certains mettent même cette proposition en doute ! Pour eux, il faudrait voir dans cet organe un dépôt de nucléo-protéines, dont l'organisme pourrait à tout moment disposer.

Certaines constatations ne sont guère de nature à éclairer le problème : on savait qu'à l'autopsie des morts subites au début du chloroforme, on trouvait fort souvent un thymus persistant. Pendant la guerre, on a appliqué dans l'armée allemande, un traitement par fulguration au moyen de courants sinusoïdaux : il y eut des cas de mort, et à l'autopsie, on a toujours constaté la présence d'un thymus développé, qui n'avait donc pas subi la dégression habituelle.

La Sécrétine. — La découverte de la sécrétion interne nous a révélé l'importance de son rôle dans un tout autre domaine : celui de la digestion. Au lieu d'une action lente sur le métabolisme général, nous trouvons ici un effet purement local, passager.

Le pancréas est une glande digestive accolée à la première portion de l'intestin, le duodénum, dans lequel se déverse son canal excréteur, le canal pancréatique. Chaque fois qu'une partie du contenu stomacal passe de l'estomac dans le duodénum, une sécrétion de suc pancréatique a lieu (sécrétion externe). Entre ces deux faits, il existe donc une relation qui n'est pas de nature nerveuse, car la section de tous les nerfs de la glande n'empêche pas le phénomène. On s'est aussi rendu compte que seule l'acidité de ce contenu stomacal agissait dans le duodénum.

Il y avait donc là un problème intéressant que Starling et Bayliss sont parvenus à résoudre. Si on injecte dans les veines d'un chien, soit l'extrait de la muqueuse duodénale, soit une petite quantité d'acide, il n'y a pas de sécrétion pancréatique ; mais si on fait macérer d'abord cet extrait de muqueuse en milieu acide et qu'on injecte le filtrat, on obtient un flux copieux de suc pancréatique. Il s'est donc formé lors de cette macération une nouvelle substance : la sécrétine, et voici comment les choses se passent : introduction du bol stomacal acide dans le duodénum — action de l'acide sur la muqueuse duodénale, et formation dans les cellules de cette muqueuse d'une substance, la sécrétine, qui, absorbée et charriée par le sang, va exciter la sécrétion du pancréas. Starling et Bayliss ont donc découvert là un exemple nouveau de sécrétion interne.

Jusqu'ici on a en vain cherché à isoler cette sécrétine.

On s'est aussi demandé si, à côté de cette action locale, il n'y aurait pas une influence générale de cet hormone sur le métabolisme de l'une ou de l'autre classe de corps.

Le passage des éléments de l'estomac vers le duodénum est réglé et par voie sanguine et par voie nerveuse. Entre l'estomac et le duodénum, il existe un sphincter, le sphincter du pylore qui normalement est fermé, et ne s'ouvre que

1° lorsque le contenu du duodénum est alcalin ;

2° lorsque le contenu de l'estomac est acide.

L'action de ce sphincter est réglée par voie nerveuse réflexe. Le suc pancréatique qui se déverse dans le duodénum est franchement alcalin.

Examinons la situation quelque temps après un repas : Les aliments séjournent dans l'estomac dont la sécrétion est acide. Aussitôt que cette acidité est suffisante, le pylore s'ouvre et une portion d'aliments peut passer ; mais leur acidité agit sur les parois du duodénum :

1° Par voie réflexe nerveuse pour fermer le sphincter pylorique et éviter le trop plein du duodénum.

2° Par voie sanguine pour exciter la sécrétion du suc pancréatique. Ce suc, fortement alcalin, va neutraliser le contenu du duodénum, et, ceci fait, le cycle peut recommencer.

Le Pancréas. — Cette sécrétion interne joue un rôle important dans l'économie de l'organisme. Elle intervient en effet pour une grande part, dans le métabolisme des hydrates de carbone, et son rôle est prépondérant dans la pathologie du diabète. Son étude met plus qu'ailleurs la recherche aux prises avec les multiples difficultés de l'expérimentation : problèmes de technique, interprétations délicates, enchaînement complexe des différents symptômes.

Depuis Von Mering et Minkosky, on sait que l'ablation totale du pancréas provoque chez le chien le cortège de manifestations rencontrées si souvent dans le diabète humain grave : *hyperglycémie* (plus grande quantité de sucre dans le sang, 5 à 7 ‰ alors que normalement ce taux s'élève à 1 ‰), *glycosurie* (plus grande quantité de sucre dans les urines, de 5 à 10 %, alors que normalement elles n'en contiennent que des traces), polyurie, polyphagie, polydipsie (soif intense). Cette action du pancréas relève certainement d'une sécrétion interne. En voici quelques preuves :

On peut, à un chien, enlever une très grande partie de la

glande (6 7) sans observer de troubles glycosuriques, pourvu qu'on en conserve la queue inférieure avec son pédicule vasculaire, artère et veine (les nerfs peuvent être détruits). Ce lambeau de glande est transporté de la cavité abdominale, où il se trouve normalement accolé au duodénum, dans une logette pratiquée sous la peau. L'animal guérit fort bien et vit pendant des semaines sans le moindre trouble diabétique. (Nous appellerons un chien ainsi préparé, un animal à pancréas extériorisé. Dans la suite, il suffira d'une simple incision, deux ligatures sur ce pédicule vasculaire, pour dépancréatiser l'animal et voir en une demi-heure déjà s'établir une glycosurie intense).

Une seconde démonstration élégante est due à M. Carlson et Drennan (Americ. Journ. of Physiol., 1911). Sur une chienne gravide, à la fin de la portée, on peut enlever le pancréas sans provoquer de troubles : la sécrétion interne du fœtus suffit pour enrayer le diabète de la mère. Mais il suffit d'éloigner le fœtus par césarienne, pour voir aussitôt apparaître la glycosurie.

Cette expérience pourrait peut-être jeter quelque lumière sur une série de troubles des glandes à sécrétion interne lors de la gestation. Il faut cependant être prudent : ce dernier fait devrait être mieux établi, et contrôlé par d'autres écoles.

Nous pouvons donc conclure : 1° à la sécrétion interne du pancréas ; 2° au fait qu'une partie minime de cette sécrétion suffit pour assurer le métabolisme normal des hydrates de carbone.

On a voulu pénétrer plus avant dans l'étude du problème. Puisque le quart d'un pancréas suffit largement, peut-on faire vivre deux chiens sur un seul pancréas ? A priori, l'expérience est logique et Forschbach l'a tentée (D. Mediz. Woch., 1909). Voici sa méthode, appelée la parabiose : Supposons deux chiens, côte à côte : A et B. On dénude la carotide gauche de A, et la droite de B, on sectionne les vaisseaux, et on abouche le bout central de la carotide de A au bout périphérique de B et vice versa. Ces chiens, après quelques minutes, vivent sur le même milieu sanguin mélangé. Cette méthode a été imaginée par un physiologiste belge, L. Frédéricq.

On peut se demander si le mélange des deux sangs est suffisamment intime : Une expérience élégante le prouve : Un chien anaphylactisé est réuni par parabiose à un chien neuf. Au bout de cinq minutes, on les sépare à nouveau et on constate que les deux animaux réagissent de la même façon à une même injection déchaînante : le sang des deux chiens est donc rapidement brassé.

Forschbach réunit par circulation croisée un chien dépancréatisé diabétique A avec un chien normal B. La sécrétion interne de B devrait pouvoir enrayer le diabète de A, et en effet, on observe que la glycosurie (taux du sucre dans les urines de A) diminue considérablement. L'expérience semble concluante, parfaite. Mais, en biologie, on ne peut faire assez de contrôle, et il faut à tout moment craindre des pièges. Hédon, le physiologiste de Montpellier, qui s'était toujours occupé du pancréas, reprend la question, croise deux chiens dépancréatisés... et observe aussi une diminution de la glycosurie, alors que le taux de la glycémie (sucre dans le sang) reste invariable. Il recommence l'expérience de Forschbach et constate que si la glycosurie de A diminue, le taux de son sucre dans le sang reste invariable.

Le fait de mélanger ainsi le sang de deux chiens est donc une intervention grave ayant une répercussion directe sur le rein. On connaît d'ailleurs la sensibilité exquise de cet organe aux albumines et agents étrangers. Après quelques heures de circulation croisée, il arrive d'ailleurs que l'un ou l'autre des animaux présente des troubles sérieux.

Ce résultat est assurément fort imprévu. On pourrait supposer que la sécrétion interne du chien A est capable d'empêcher la formation d'un diabète qui s'établit lentement, mais ne peut supprimer un diabète grave établi, et remonter le courant. Hédon pratique l'expérience suivante : chien A à pancréas extériorisé, croisé avec chien B normal. Après une heure de parabiose, pas le moindre trouble. On ligature le pédicule du pancréas extériorisé de A : l'hyperglycémie s'établit comme d'habitude, à peine moins rapidement.

Faut-il supposer, se demande Hédon, que la sécrétion interne du pancréas, pour être active, doive se déverser à un endroit déterminé de l'organisme ? Normalement, tout le sang veineux du pancréas se déverse dans la veine-porte

et traverse le foie. Hédon, au lieu de faire une parabiose par la carotide, unit la veine pancréatique d'un animal normal aux vaisseaux spléniques du dépancréatisé. La glycémie subit cette fois un léger fléchissement. Les résultats ne sont cependant pas assez probants : les expériences sont trop rares, la technique hérissée de difficultés et on ne peut, Hédon le reconnaît expressément d'ailleurs, tirer de conclusions définitives. Malgré tout, il y a là une idée intéressante : Il se pourrait que, pour agir, certains produits de sécrétion interne dussent traverser un territoire déterminé.

On sait que la disposition des glandes *endocrines* dans l'organisme, reste toujours une énigme. Pourquoi toutes les glandes sont-elles doubles, formées presque toujours de deux tissus différents tant phylogénétiquement qu embryologiquement, deux tissus qui au fur et à mesure du développement se sont rapprochés, se sont soudés pour former un organe unique?

Les Capsules surrénales. — Au-dessus de chaque rein se trouve un petit organe blanchâtre, pouvant peser quelques grammes chez un adulte ; ce sont les capsules surrénales. Chaque capsule elle-même présente deux zones : une centrale, une périphérique. C'est donc une formation double, et en remontant l'échelle animale, on retrouve ces deux couches complètement séparées et formant deux organes distincts, chez certains poissons par exemple.

La couche centrale sécrète un hormone, isolé et produit actuellement par synthèse : l'adrénaline, qui se trouve dans toutes les officines pharmaceutiques. En injection, elle agit sur les organes les plus divers : la pupille, le cœur, l'intestin, l'estomac, les vaisseaux sanguins. C'est assez dire combien l'étude en a été poussée. Nous ne pouvons songer à décrire ici, même rapidement, ses multiples effets.

Son rôle physiologique semblait absolument fixé. Deux auteurs cependant, Gley et Quinquand (JOURN. PHYSIOL. PATHOL. GÉN. 1918) se sont attaqués à cette donnée qui ne semblait offrir aucun doute.

Dans le sang veineux des capsules surrénales, ils recherchent et trouvent l'adrénaline, mais ils en perdent toute trace dans ce même sang, une fois qu'il a traversé le foie. D'après eux, cette substance serait détruite dans le foie et ne pourrait pas, par conséquent, atteindre les autres tissus.

L'importance physiologique de l'adrénaline serait toute problématique.

Ces opinions, ces expériences, à peine émises, ont été mises en doute par Stewart et Rogoff. Il est difficile d'exposer ici les arguments : les détails de technique ont dans la question une importance capitale. Le dosage de l'adrénaline est toujours un dosage physiologique (1). Quelle en est la valeur ? Et quant à la dilution du sang, lors de son passage à travers le foie, il y a là un point délicat !

Qu'il suffise de signaler la controverse et d'ajouter qu'il faudra de bien solides arguments pour faire triompher la nouvelle opinion.

A côté de ceux qui veulent restreindre l'importance de l'adrénaline, d'autres au contraire ont exagéré son rôle. Cannon était arrivé à la conception que l'expression des émotions violentes, la peur, la colère, n'était qu'un complexe de symptômes dus à une véritable injection subite d'adrénaline dans la circulation et ce par voie réflexe. Cette opinion a été, avec raison semble-t-il, fortement battue en brèche.

A signaler les travaux d'une école française : la couche corticale des capsules surrénales serait le lien d'élaboration de la choline, choline qui serait l'antagoniste physiologique de l'adrénaline.

Glandes à fonction périodique. — Quelques indications suffiront pour marquer toute l'importance qu'il faut attribuer à l'endocrinologie dans ce vaste domaine ! La puberté avec ses changements morphologiques, l'ovulation, la gestation avec ses symptômes, la ménopause, autant d'événements produits, enchaînés, contrôlés par les sécrétions internes. Tout un vaste domaine reste là à défricher.

(1) Qu'entend-on par dosage physiologique ? — On peut, chez une grenouille, suspendre le cœur et enregistrer ses contractions. Lorsqu'on injecte une quantité donnée d'une solution connue d'adrénaline, les contractions deviennent plus amples et plus rapides. Si maintenant nous voulons connaître approximativement la teneur d'une solution autre d'adrénaline, on la dilue et par tâtonnement on cherche, avec le cœur de grenouille comme témoin, quelle est la dilution de la solution inconnue dont l'effet est semblable à la solution de titre connu. Les résultats d'une telle méthode ne peuvent être qu'assez grossiers.

A la liste déjà longue des glandes endocrines, il faut ajouter deux nouveaux organes : le corps jaune, le placenta.

Un seul exemple : La présence du corps jaune inhibe le développement des follicules ovariques. Un cas de persistance est connu en médecine vétérinaire sous la forme du kyste du corps jaune chez la vache, ce qui entraîne la stérilité. Le traitement est simple : il suffit, ce qui est possible chez la vache sans intervention sanglante, de pincer ce kyste et de le faire éclater.

Conclusions générales : Pour ne pas compliquer cet exposé, nous avons omis de parler des relations de glandes endocrines entre elles : il suffit chez un animal d'enlever une de ces glandes pour voir des modifications se produire dans toutes les autres : toucher à l'une, c'est toucher à toutes les autres, et l'on a beau jeu de parler alors de corrélation, d'inhibition, de suppléance !

Ce qui complique aussi l'étude, c'est que fort souvent il existe des amas de tissus aberrants ou surnuméraires. On n'est jamais sûr, par exemple, d'avoir enlevé tout le tissu parathyroïdien !

Gley *(Quatre leçons sur les sécrétions internes)* s'est élevé contre l'abus de la notion de sécrétion interne. D'après lui, pour qu'on puisse conclure à une telle action dans un organe, il faut qu'il remplisse une série de conditions, dont voici les principales :

1° Le principe doit avoir été isolé, et sa formule chimique connue ;

2° La présence de l'hormone doit avoir été constatée dans le sang veineux de l'organisme ;

3° Son action à distance doit avoir été démontrée dans le jeu normal de l'organisme.

Sans vouloir défendre les fabricants de spécialités qui lancent sur le marché des extraits de cerveau, de cœur, et de tous les organes possibles, il faut cependant constater que les conditions posées par Gley sont idéales : à l'heure actuelle, aucune sécrétion ne répond à ces desiderata !

La tâche qui reste à accomplir est grandiose ; mais, tant au point de vue physiologique qu'au point de vue médical, toutes les espérances, on a pu s'en rendre compte, sont légitimes.

Dr W. LIBBRECHT.

PATHOLOGIE.

—

La Maladie. Esquisse de pathologie générale. — La maladie, comme tous les phénomènes qui se présentent à l'observation, est réglée par des lois ; si chaque maladie a sa physionomie spéciale (sauf le cachet que lui imprime l'individualité atteinte), tous les processus morbides, dans les évolutions et les transformations cellulaires qui les caractérisent, poursuivent une marche ordonnée par ces changements mêmes, et que les symptômes ne font que traduire. La pathologie générale étudie ces lois ; il ne sera pas sans utilité d'en esquisser ici quelques grandes lignes, et d'envisager en particulier, d'après les données les plus actuelles, l'action offensive des agents facteurs de maladies (agents pathogènes) et les phénomènes — phénomènes de défense, on le verra, — qui se produisent au sein de nos organes envahis par la maladie, sous la forme habituelle et dominante de l'*Inflammation*.

L'étude de l'agent causal qui vient troubler l'équilibre physiologique et engendrer l'état de maladie, comprend un vaste et important domaine, celui de l'*Étiologie*. Elle s'impose à l'attention du médecin qui voudrait (que ne le peut-il plus souvent ?) atteindre l'effet dans sa cause. Ces causes sont efficientes, adjuvantes ou prédisposantes, et les agents pathogènes sont de divers ordres : mécanique, physique, chimique, animé (parasitaire, infectieux, microbien). Les derniers exercent, comme Pasteur l'a montré, une action prépondérante qu'on était loin de soupçonner avant lui ; leur connaissance donne la clef des troubles morbides qui frappent les individus et les collectivités et déjà nous sommes maîtres de plusieurs d'entre eux.

Comment l'organisme humain réagit-il contre ces agressions ?

On ignore trop que notre économie est pourvue de tout un système de protection et de défense contre la maladie. La vie est un combat, c'est là une réalité aussi flagrante dans la vie organique que dans la vie morale.

Les agents pathogènes, pour pénétrer dans un organisme sain, doivent y rencontrer certaines complicités, un fléchissement dans les réactions normales, ce qu'on a appelé les *causes prédisposantes*, mais des moyens de défense nombreux et puissants s'y rencontrent et sont en mesure de résister victorieusement à l'ennemi ; tous sont coordonnés vers la même fin : le maintien de l'équilibre physiologique, plus simplement, de la santé.

Il y a d'abord les *défenses passives* ou *statiques*. La peau avec son système pileux, première barrière, nous protège contre l'action nocive des agents physiques : lumière, chaleur, froid, substances toxiques, agents animés ; le tissu cellulo-graisseux sous-jacent nous prémunit mieux encore contre ces agents ; il est peu accueillant aux microbes ; les os, puissant système de soutien, forment une charpente qui nous défend contre les agents mécaniques et contre la pression atmosphérique ; les muscles, grâce à leur élasticité et à leur souplesse, amortissent pour les parties profondes les atteintes des corps vulnérants ; les cavités muqueuses surtout, si bien appelées le « tégument interne », à l'état d'intégrité parfaite, s'opposent au passage des agents toxiques. Les glandes du revêtement cutané et des muqueuses jouent, également, un rôle nullement négligeable : les glandes sébacées et sudoripares entretiennent la peau dans un état de souplesse et d'élasticité et leurs sécrétions la défendent contre les poisons et les microbes, et contre les élévations de température ; les sécrétions glandulaires des muqueuses les mettent dans les conditions voulues pour entretenir la vie cellulaire et leur permettre de résister aux agents infectieux.

Mais ces moyens de protection pourront faiblir, même dans des conditions sensiblement normales (rigidité et flexibilité des parois musculaires des vieillards, affaiblissement du rôle défensif des muqueuses par une infection antérieure, etc). A ces murs d'enceinte, d'un rôle tout passif, viennent donc porter assistance des moyens de défense *actifs* ou *dynamiques*. Un observateur attentif, auquel nous faisons plus d'un emprunt (1), y distingue toute une stratégie : des

(1) Prof. P. E. Micheleau, *Elém. de Pathologie générale*. Paris, 1921.

sentinelles, des postes de garde, des troupes de couverture... Sans nous embarrasser de divisions un peu artificielles, parlons d'abord du système nerveux. Par la sensibilité à la douleur et à la température, le sens musculaire, la sensibilité réflexe, il joue un rôle de vigilance de premier ordre. Régulateur de la circulation, il préside, par le système vaso-moteur, aux apports sanguins nécessaires aux sécrétions glandulaires, comme il assure, par des dilatations ou des resserrements opportuns des parois des petits vaisseaux, l'économie contre la chaleur et le froid.

Viennent ensuite les défenses constituées par l'appareil lymphatique et par les glandes dites viscérales : les ganglions lymphatiques agissent comme des filtres qui arrêtent les microbes et les corps étrangers apportés par les lymphatiques. Le foie, la plus volumineuse des glandes à sécrétion externe, qui sécrète la bile et la dispense au contenu intestinal, reçoit, on le sait, par la veine-porte, le sang de l'intestin et de la rate ; il exerce sur les substances contenues dans le sang, à la fois une *action d'arrêt*, retenant pour les restituer peu à peu à l'organisme, des réserves telles que le sucre, et une action *neutralisante, antitoxique*, vis-à-vis des poisons minéraux et des toxines organiques.

Un autre ordre de glandes, surtout étudiées dans ces dernières années, est représenté par les *glandes à sécrétion interne* ou *endocrines*, glandes vasculaires sanguines dont le produit se déverse non plus à l'extérieur, comme chez les précédentes, mais directement dans le sang : corps thyroïde, capsules surrénales, hypophyse, glandes génitales. Leur rôle, longtemps méconnu, a commencé à se révéler le jour où l'on a observé les conséquences de leur absence, de leur extirpation ou de la perversion de leur fonctionnement : l'extirpation du goître amène les mêmes troubles (épaississement du tissu cellulaire, bouffissure des téguments, régression et apathie intellectuelles, arrêt de la taille, cachexie), que l'on observe chez les enfants atteints de myxœdème primitif, et dont le corps thyroïde est atrophié ; les capsules surrénales, qui coiffent si étrangement les reins, parurent longtemps une superfétation ou un hors-d'œuvre, mais que l'on vienne à les extirper, comme l'ont fait chez les animaux Brown Sequard et d'autres expérimentateurs, la mort s'ensuivra ;

leur altération produit une maladie très particulière, la « maladie d'Addison », et leur insuffisance au cours de la plupart des maladies infectieuses, se traduit par des signes récemment signalés (E. Sergent, L. Bernard), même qui peuvent être graves et entraîner la mort.

Ces organes sont donc non seulement utiles, mais indispensables au maintien de la vie, et cela par un mécanisme bien mystérieux encore, où l'on veut trouver une élaboration à la fois excitatrice du fonctionnement de certains organes éloignés sans connexion apparente avec eux (hormones), telle l'excitation de la sécrétion pancréatique par la « sécrétine », produite, au contact du chyme, par la muqueuse du duodénum, et neutralisante vis-à-vis des toxines dérivées du fonctionnement régulier de l'organisme.

Les matériaux usés, les éléments toxiques qui ont échappé aux laboratoires d'épuration organique, doivent être éliminés, et c'est là encore une fonction de défense rigoureusement nécessaire. Elle est assurée par les organes dits *émonctoires*. Toute glande, à la vérité, est un émonctoire ; toute cellule vivante, même, assume ce rôle, puisqu'elle élabore incessamment des déchets qu'elle doit expulser sous peine d'être détruite par eux (processus d'auto-intoxication, décrits par Bouchard), mais on entend surtout par là les organes dont l'élimination est l'essentielle fonction. Voici le rein, le plus important de tous, il élimine de l'eau, des sels, et des produits résultant de la désassimilation des albuminoïdes ; l'urée en est le dernier terme, son élaboration est intimement liée à l'intégrité fonctionnelle du foie avec lequel les reins sont en relations fonctionnelles étroites. L'intégrité de la « filtration rénale » est chose essentielle au maintien de l'équilibre organique ; le praticien recherche dans l'urine la nature des échanges qui se font au sein des tissus ; la gravité des désordres produits par les néphrites est bien avérée : ici c'est l'*urémie* par rétention des *chlorures*, dont le symptôme dominant est l'œdème ; là c'est l'urémie par rétention dans le sang de l'*urée*, donnant lieu aux *crises d'urémie*. L'intestin, sous peine de troubles graves qui peuvent nécessiter des interventions chirurgicales, doit se décharger des matières usées et des déchets putrides qu'il renferme. Tout le monde sait que le poumon est le siège de l'élimina-

tion de l'acide carbonique dérivé de la combustion des tissus et apporté par le sang veineux ; ce qu'on sait moins, c'est qu'il élimine les toxines introduites dans l'organisme ou fabriquées par lui, et qu'il joue même un rôle comparable à celui du foie, vis-à-vis de certains poisons et de certains microbes ; on connaît, d'ailleurs, l'action nocive de l'air confiné. La peau est une vaste nappe respiratoire (perspiration cutanée) ; par ses sécrétions sébacée et sudorale, elle élimine des déchets et même des produits volatils d'une haute toxicité.

La maladie, avons-nous dit, est une lutte : aux ennemis qui le menacent, agents exogènes et endogènes, l'organisme oppose des défenses permanentes : défenses statiques, constituées par l'intégrité anatomique des tissus, défenses dynamiques ou fonctionnelles apportées par le jeu des différents appareils. Mais ces remparts ont été impuissants, l'agent nocif, le plus souvent infectieux, en a triomphé et s'est installé dans la place ; c'est l'état pathologique qui se déclare. Une nouvelle action va s'engager, hier encore ignorée, et dont les péripéties offrent un puissant intérêt : la défense sera assurée, cette fois, par des agents mobiles, prompts et actifs, bien que non isolés et insaisissables encore ; elle doit terminer le combat, dernière mobilisation suscitée par l'offensive elle-même.

L'*inflammation* n'est autre chose que l'ensemble de ce mouvement réactionnel et défensif. C'est là une conception contemporaine ; les anciens, et jusqu'à Broussais, n'avaient vu dans la phlegmasie qu'un phénomène actif, *offensif* ; pour Broussais, tout était inflammation, même les névroses ; dans son système simpliste, il résumait tous les troubles pathologiques dans l'*irritation* causale, traduite par la fièvre, et amenant un *afflux sanguin* dans les capillaires ; la phlegmasie évoluait vers la résolution, l'état chronique ou la suppuration, la gangrène, etc.

A cette notion de *fluxion* vint s'ajouter plus tard celle d'exsudation (École de Vienne, Rokitansky) ; Virchow va plus loin, il fait intervenir l'*irritation nutritive* déterminant des modifications de l'élément cellulaire lui-même, la lésion. En 1879 un clinicien français éminent, le professeur Jaccoud donnait, comme le dernier mot de la question, cette défini-

tion : « L'inflammation est un désordre de nutrition qui est provoqué dans le tissu vivant par une impression anormale dite irritante, et qui est constituée par l'exagération temporaire de l'activité nutritive dans le territoire organique soumis à l'irritation » (1). Irritation, suractivité cellulaire, que nous voilà loin encore, dans l'indétermination de ces termes, de la conception d'un système de réactions et de défense contre l'invasion d'un agent étranger ! Il a fallu l'entrée en scène de la microbiologie créée par Pasteur, développée par ses élèves et ses émules, pour jeter quelque lumière sur ces ténèbres. L'inflammation doit actuellement se comprendre comme « l'ensemble des phénomènes organiques, humoraux et fonctionnels, par lesquels l'organisme s'oppose à son envahissement par des substances étrangères » (2). Ajoutons : « le plus souvent infectieuses ou microbiennes ».

Depuis Celse on savait que quatre caractères cardinaux distinguaient l'inflammation : la rougeur, la chaleur, la tuméfaction, la douleur. L'afflux du sang au foyer entrepris, par les vaisseaux dilatés, l'exagération des combustions organiques, la compression des nerfs sensibles, en étaient les points de départ, mais ce n'étaient là que des manifestations de processus plus profonds. Le microscope a éclairé ceux-ci : on sait maintenant (Conheim) qu'après un afflux sanguin dilatant les capillaires de la région, le courant se ralentit, les leucocytes ou globules blancs du sang se multiplient et se détachent, nombreux, de la colonne centrale pour s'accrocher à la paroi, y formant une couche intérieure continue. Que l'infection vienne s'ajouter à l'irritation, l'évolution réactionnelle se poursuit : des leucocytes partent des prolongements, des bras, qui s'insinuent, en s'allongeant, entre les cellules endothéliales, entraînant à leur suite le leucocyte lui-même et lui faisant traverser la paroi vasculaire ; celui-ci ne tarde pas à gagner l'intérieur du tissu : c'est la migration leucocytaire ou *diapédèse*. A l'origine de ces modifications on a voulu — nous l'avons vu — placer l'intervention d'une action irritative

(1) J. Jaccoud, *Traité de pathologie interne*. Paris, 1879, t. I, p. 64.
(2) P. E. Micheleau, *loc. cit.*

qui déclancherait « l'irritabilité cellulaire » de Virchow ; plus tangibles et vérifiables sont la *diapédèse* et la *vaso-dilatation* qui l'accompagne. Le mécanisme de celle-ci est connu depuis l'importante découverte, par Claude Bernard, du système ou appareil vaso-moteur dont nous avons fait plus haut une brève mention : les parois des vaisseaux possèdent des nerfs particuliers, qui sont sous la dépendance du grand sympathique et qui déterminent la dilatation ou le resserrement du vaisseau selon les circonstances. La vaso-dilatation inflammatoire est produite par ce système régulateur, soit que celui-ci soit actionné par un acte réflexe dû à l'irritation primitive locale (le plus souvent irritation microbienne agissant à l'instar d'un agent mécanique ou physique), soit plutôt, comme le font présumer les recherches de Bouchard, que les produits solubles (ectasines) sécrétés par les microbes agissent eux-mêmes comme excitants de ces centres vaso-dilatateurs.

Un autre phénomène intervient ensuite, dont la révélation, due surtout à Metchnikoff, a été une surprise et un émerveillement : la *phagocytose*. Semblable à cet organisme monocellulaire qu'est l'amibe, le leucocyte, émigré du vaisseau, chemine à travers les tissus par des mouvements « amiboïdes », et pousse des prolongements protoplasmiques par lesquels il se saisit des éléments étrangers qu'il rencontre, les englobe et les digère grâce à ses *cytases*, véritables ferments digestifs qui font du leucocyte une sorte de glande à sécrétion interne. Comme s'il était guidé par une finalité secrète, semblable encore à l'amibe, il va à la rencontre de celles de ces particules qui l'attirent par la capacité nutritive des substances qu'elles sécrètent ; en s'emparant de ces éléments inutiles ou nocifs, le phagocyte accomplit une véritable fonction de défense de l'organisme (Bordet et Massart).

Cette phagocytose est, d'ailleurs, d'autant plus énergique, qu'une diapédèse et un afflux de leucocytes (leucocytose) plus intense viennent activer son action. Il se produit en effet, ici, une double réaction de défense pour maintenir l'intégrité du milieu intérieur : d'une part la diapédèse et la leucocytose, qui tendent surtout à l'immuniser, d'autre part une sécrétion surabondante de lymphe, véritable chasse

automatique qui dilue la substance toxique sécrétée par le microbe, et l'expulse.

Si nous étudions de plus près les agents de la phagocytose, nous y trouvons une sorte de hiérarchie : à côté des « lymphocytes », qui demeurent étrangers à ces conflits, il y a les « polynucléaires » et les « mononucléaires », les uns et les autres facteurs de phagocytose ou *phagocytes*, mais, alors que les premiers (« microphages ») suffisent à la défense contre les microbes peu virulents des infections ordinaires, banales, les seconds (« macrophages ») réservent leur intervention aux infections graves, spécifiques ; « véritables agents de la voirie, ils débarrassent l'organisme des cellules usées ou mortes, dont les cadavres risqueraient de lui être nuisibles » (Micheleau). La fonction phagocytaire n'est, du reste, pas l'apanage exclusif des leucocytes sanguins ; elle est le fait, aussi, des cellules mobiles du tissu conjonctif, ce tissu de remplissage, de conjonction et de soutien des organes.

Les cellules dites « parenchymateuses », celles qui sont les éléments propres des organes et forment leur individualité, participent à leur manière, à cette activité : leurs fonctions s'intensifient, leur volume augmente (hypertrophie), elles se multiplient (hyperplasie). Mais c'est surtout dans le tissu conjonctif et dans ses espaces lymphatiques que se passent les phénomènes qui viennent d'être décrits.

Ce n'est pas tout, un monde nouveau commence à se révéler à nous : le génie de Pasteur avait fait connaître les lois essentielles de l'*Immunité*. Voici que son mécanisme mystérieux commence à se dégager des brumes d'une patiente expérimentation, nous apportant des notions qui complètent et appuient celles qui viennent d'être énoncées : au sein de nos tissus, dans notre sang, se forment des substances chimiques essentiellement bactéricides, les *anticorps* qui ne demandent, pour déclancher leur action destructive et agglutinante, que l'intervention de la vaccination. Celle-ci suscite, notamment, l'apparition d'un principe antagoniste spécifique (alexine), qui s'attaque spécialement au microbe du vaccin ou virus atténué introduit. A Bordet, notre éminent compatriote, revient le mérite d'avoir reproduit ces phénomènes *in vitro* et d'avoir singulièrement élargi encore ces

données C'est sur elles qu'est fondée l'utilisation de plus en plus répandue des injections de sérums thérapeutiques, tour à tour facteurs de défense et facteurs d'immunité, selon qu'elles sont employées à titre curatif ou à titre préventif. On voit encore ici, prise sur le fait, cette organisation de défense qui arma notre économie contre les causes de débilitation ou de destruction.

La défense a-t-elle été plus puissante que l'agression ? Les phagocytes ont-ils été plus forts que l'agent étranger ou infectieux ; le microbe et ses toxines ont-ils été neutralisés et éliminés? C'est la résolution, la guérison. Les envahisseurs sont-ils victorieux? Le processus inflammatoire évolue en transformation ou déviation cellulaires et organiques, telles que la suppuration, qui entraîne les cadavres des cellules désagrégées et des microbes, la gangrène ou mortification de la totalité des éléments du tissu, les lésions nodulaires, les tubercules, les dégénérescences et les scléroses amenées par le passage au stade d'inflammation chronique.

Aiguë ou chronique, la maladie peut aussi conduire, rapidement ou lentement, à la mort par la cessation de cette synergie et de cette solidarité organiques, qui maintiennent l'équilibre vital, sous l'action de mécanismes divers aboutissant tous à l'insuffisance ou à la défection de la défense devant la lésion ou l'infection.

Mais que devient, devant cette organisation défensive, le rôle de la thérapeutique, du traitement médical ? Pour les non-initiés aux notions médicales, celui-ci fait tous les frais de la « restitutio ad integrum », quand elle est possible, comme si la médecine humaine pouvait prétendre arrêter les perturbations qui se font dans les profondeurs d'un organisme supposé dépourvu de toute ressource naturelle contre les causes et les agents pathogènes. En réalité, la tendance naturelle est la guérison ; des puissances de défense et de protection actives sont mises à la disposition de nos organes ; et il semble qu'à la sentence originelle qui nous condamne à la maladie et à la mort se soit associée une prévoyance miséricordieuse qui en atténue les rigueurs.

Le rôle du secours de l'homme n'en a pas moins ici sa place, et cette place est grande. Il peut, d'abord, souvent empêcher et prévenir : l'hygiène peut et pourra de plus en plus,

si les bonnes volontés la secondent, éloigner les causes de nocivité, assainir notre vie, collective ou individuelle, physique et morale, car ces deux vies ne peuvent le plus souvent être séparées.

La maladie est-elle là ? L'art médical interviendra, non pour se substituer aux forces réactionnelles nécessaires, mais pour seconder leur action, veiller à ce qu'elle ne soit pas contrariée par des erreurs ou des fautes qui les paralyseraient ou qui introduiraient d'autres ennemis dans la place déjà assiégée : soutenir, favoriser, renforcer, relever ces défenses qui maintiennent ce qu'on appelle non sans quelque justesse un bon état général, prévenir les complications c'est-à-dire l'extension ou les répercussions sur d'autres organes, réprimer ou atténuer par des principes médicamenteux actifs il en est peu, mais il en est d'une très nette efficacité des manifestations exubérantes qui mettraient la vie en péril prochain (telles des températures excessives et durables, avec troubles graves, chez les typhiques), calmer la douleur (divinum opus sedare dolorem), enfin donner un repos, un répit artificiel mais combien précieux à l'être qui lutte contre une douloureuse insomnie. Et que dire des ressources, dont le domaine s'élargit chaque jour, de la chirurgie ?

Voilà certes une tâche bien grande et bien enviable encore. C'est le médecin qui l'assumera. A la science qui éclairera son esprit, il joindra l'expérience avisée et personnelle qui saisit les modalités individuelles de l'évolution pathologique et leur applique les moyens thérapeutiques qui leur conviennent. S'il comprend toute la noblesse et la portée presque évangélique de sa mission, il ne s'en tiendra pas là ; son cœur sera le bienfaisant complice de son esprit, il aimera son malade comme un autre lui-même, souffrira et se réjouira avec lui, lui inspirera la confiance, l'espérance et, si tout espoir est déçu, la résignation. Traitement d'un autre ordre celui-là, qui s'adressera à l'âme et non plus seulement aux rouages faussés de la machine vivante qu'elle anime, thérapeutique combien efficace, cependant, qui renforce singulièrement... l'autre, et qui peut même faire tous les frais de la cure : pour la pratiquer pleinement, le médecin devra être un chrétien, il sera alors le médecin complet.

Dr R. W.

ERRATA

(Bulletin de pathologie, livraison du 20 octobre 1920.)

Page 509, 34e ligne, au lieu de « la 6e paire (oculo-moteur commun), lire « la 3e paire, etc.... »

Page 510, 17e ligne, au lieu de « peuvent modifier.... », lire « puissent modifier ».

Même page, 33e ligne, au lieu de « entêté morbide », lire « entité morbide ».

Page 511, 28e ligne, au lieu de « diminutiou de l'écorce du grand cerveau », lire « diminution de l'action de l'écorce, etc.... »

Page 514, 33e ligne, au lieu de « épithélium de la cavité buccale », lire « épithéliome ».

OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS (1)

—

Alexis-Claude Clairaut. — ÉLÉMENTS DE GÉOMÉTRIE. — 2 vol. de XIV-95 et 103 pages (18 × 12), de la collection : « Les Maîtres de la pensée scientifique. » — Paris Gauthier-Villars, 1921.

Lazare Carnot. — RÉFLEXIONS SUR LA MÉTAPHYSIQUE DU CALCUL INFINITÉSIMAL. — 2 vol. de VI-117 et 105 pages (18 × 12), de la collection : « Les Maîtres de la pensée scientifique ». — Paris, Gauthier-Villars, 1921.

Dr V. Kommerell et Dr R. Kommerell, Oberstudienrat in Reutlingen, Professor in Stuttgart. — ALLGEMEINE THEORIE DER RAUMKURVEN UND FLAECHEN. — 1° 1 vol. de 84 pages (13 × 18). Prix : 25.20 fr.; 2° 1 vol. de 136 pages (13 × 18). Prix : 25.20 fr. — Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, Berlin. 1921.

Extrait des tables des matières : I. Die Raumkurven ; II. Untersuchung einer Flaeche in der ersten Form F (x, y, z) = O.; III. Untersuchung von Flaechen in der zweiten Form (Parameterform).

Dr A. Wangerin. — THEORIE DES POTENTIALS UND DER KUGELFUNKTIONEN, II BAND. — 1 vol. de 286 pages (13 × 18). — Berlin, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1921. Prix : 43.20 fr.

Extrait de la table des matières : Die wichtigsten Eigenschaften der Kugelfunktionen. II. Die Potentialaufgaben für die Kugel. Elektrizitaetsverteilung auf einer Kugel. III. Die Potentialaufgaben für Rotationsellipsoide und exzentrische Kugeln. IV. Die Randwertaufgaben der Potentialtheorie für beliebige geschlossene Flaechen.

Theodor Schmid, professeur à l'Université de Vienne. — DARSTELLENDE GEOMETRIE. — Un volume de 278 pages (13-19). — Berlin, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1921. Prix : 20,15 fr.

Extrait de la table des matières : I. Raumelemente, ebene Figuren und eckige Körper. II. Kugel, Zylinder, Kegel. III. Orthogonale Axonometrie. A. Neigung des Achsensystemes. Elementaraufgaben. B. Drehung des Achsensystemes. Eckige Körper. C. Kugel, Zylinder, Kegel.

Un volume de 315 pages (13-19). Prix : 20,75 fr.

Extrait de la table des matières : I. Schiefe Projection, A. Stirnlage des Achsensystemes (Kavalierperspective), B. Das charakteristische Zweispurensystem (Freie Perspective), C. Beziehung auf ein Achsensystem ; das Zweibildersystem (Angewandte Perspective). III. Dreh- und Rohrflaechen. A. Drehflaechen zweiten Grades. B. Dreh- und Rohrflaechen, insbesondere die Ringflaeche. Schnittaufgaben. C. Dreh- und Rohrflaechen, insbesondere die Ringflaeche. Berührungsaufgaben. IV. Schraubenflaechen und windschiefe Regelflaechen.

(1) La REVUE mentionne dans cette liste les ouvrages envoyés à la Rédaction. Cette mention est, non une recommandation, mais un accusé de réception.

A. Flachgaengige Schraubenflaeche oder Wendelflaeche. B. Die scharfgaengige Schraubenflaeche. C. Regel- und Kreis-Schraubenflaechen. D. Algeblraische windschiefe Regelflaechen. V. Gelaendedarstellung und Kartenprojection.

Dott. Guiscardo Moschetti, prof. ordinario del R. Instituto Tecnico di Cremona. — IL SOLE. SINOSSI DI UNA LEZIONE DI GEOGRAFIA ASTRONOMICA.— Une plaquette de 26 pages (16 × 22). — Cremona, Cremonesse, 1921.

F.G.A. Goedhart. — L'ORBITE EN SPIRALE DANS LA MÉCANIQUE CÉLESTE. DEUXIÈME INTRODUCTION DE L'ASTRONOMIE MATHÉMATIQUE ANALYTIQUE (A. M. A.). — Une plaquette de 10 pages (21 × 35). — Goedhart, Amsterdam, 1921.

F. G. A. Goedhart. — THE SPIRAL ORBIT IN CELESTIAL MECHANICS. — Une plaquette de 11 pages (12 × 22). — New-York, 1921.

F. Marguet, lieutenant de vaisseau, professeur à l'École navale. — HISTOIRE DE LA LONGITUDE A LA MER AU XVIIIe SIÈCLE EN FRANCE. — Un vol. de X-227 pages (16 × 25). — Paris, Challamel, 1917

Table des matières : Bibliographie. — Les origines. — La longitude estimée. — L'acte de 1714. Le prix Rouillé. Le Bureau des longitudes. — Les progrès de l'estime et la mécométrie de l'aimant. — L'heure locale. — Les éclipses des satellites de Jupiter. — Les horloges marines : I. Sully et Harisson. II. Le Roy et Berthold. III. Les voyages d'épreuves. La lune : I. Les tables lunaires. II. Les instruments de mesure. III. Les méthodes d'observation. IV. Les procédés de calcul. La longitude et les marins. — La géographie et la découverte du Pacifique.

Aug. Collard, Bibliothécaire de l'Observatoire royal de Belgique. — L'ASTRONOMIE ET LES ASTRONOMES. — Un volume de 119 pages (16 × 24). de la collection : Répertoires des ouvrages à consulter. — Van Oest et Cie, Bruxelles, 1921.

Extrait de la table des matières : I. Dictionnaires et encyclopédies d'astronomie. — II. Biographies d'astronomes. — III. Traités d'astronomie : 1° Traités généraux ; 2° Traités spéciaux. — IV. Histoire de l'astronomie. — V. Bibliographie de l'astronomie. — VI. Atlas d'astronomie. — VII. Revues d'astronomie. — VIII. Tables d'astronomie.

d'Alembert Jean. — TRAITÉ DE DYNAMIQUE. — Deux vol. in-16 de XL-102 et 187 pages (18 × 12) avec fig., de la collection : « Les Maîtres de la pensée scientifique ». — Paris, Gauthier-Villars, 1921. Prix 6 francs.

Louis Roy, professeur à la Faculté des Sciences. — COURS DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE. Tome II : STATIQUE GRAPHIQUE ET RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — Un volume de 213 pages (25 × 16). Paris, Gauthier-Villars, 1921.

Extrait de la table des matières : I. Statique graphique : 1° Dynamiques et funiculaires ; 2° Applications à la statique du corps solide ; 3° Forces continues et courbes funiculaires ; 4° Systèmes articulés ; 5° Aires, centres de gravité et moments d'inertie des surfaces planes. II. Résistance des matériaux : 1° généralités ; 2° extension ou compression simple ; 3° glissement simple ; 4° flexion simple ; 5° torsion simple ; 6° déformations composées ; 7° ligne élastique ; 8° poutres à travées solidaires ; 9° poutres chargées de bout ; 10° charpentes ; 11° arcs ; 12° enveloppes et volants.

P. Charbonnier, Ingénieur général ; Inspecteur général de l'artillerie navale. — TRAITÉ DE BALISTIQUE EXTÉRIEURE. — Tome I : BALISTIQUE EXTÉRIEURE RATIONNELLE. — LES THÉORÈMES GÉNÉRAUX DE LA BALISTIQUE. — Un vol. de IX-637 pages (16 × 25). — Paris, Doin, Gauthier-Villars, 1921.

Extrait de la préface : Le présent ouvrage se présente comme un Traité complet de Balistique Extérieure, embrassant tout l'ensemble des travaux consacrés à cette science, les classant avec méthode et les exposant avec détail. Traité digne, si possible, de l'intérêt théorique de la science balistique, de l'importance de ses applications pratiques et du rôle éminent de l'artillerie dans l'art de la guerre.

Le Traité, dont le premier tome paraît actuellement, comprendra six volumes : I. Les théorèmes de la Balistique. — II. Les théories balistiques. — III. Problèmes balistiques secondaires. — IV. Balistique extérieure expérimentale. — V. Historique de la Balistique extérieure. — VI. Tables numériques.

Table des matières : Tome I, Intoduction : La Balistique Extérieure rationnelle. — Chap. préliminaire : Les bases de la Balistique Extérieure rationnelle. I. Les cas limites du problème balistique : 1° La Balistique parabolique ; 2° La Balistique rectiligne. Mouvement rectiligne horizontal. II. Les théorèmes généraux de la Balistique : 3° Les propriétés générales de la trajectoire atmosphérique. Équations différentielles du mouvement ; 4° Le problème balistique de l'analyse. De l'intégration des équations de la Balistique.

Lavoisier et de Laplace. — MÉMOIRE SUR LA CHALEUR. — Un vol. de 78 pages (18 × 12), de la collection « Les Maîtres de la pensée scientifique ». Paris, Gauthier-Villars, 1920.

Mme Pierre Curie, Professeur à Sorbonne. — LA RADIOLOGIE ET LA GUERRE. — 1 vol. de 144 pages (12 × 18). — Paris, Alcan, 1921. Prix : 8.00 francs.

Table des matières : Introduction. — I. Les rayons X. — II. Comment peut-on produire les rayons X ? — III. Installation dans les hôpitaux et les voitures radiologiques. — IV. Travail radiologique dans les hôpitaux. — V. Personnel radiologique. — VI. Rendements et résultats. — VII. Organisation d'après-guerre. — VIII. Radiothérapie et Radiumthérapie. — IX. Conclusions.

Pierre Louis, Ingénieur électricien. — LA T.S.F. PAR LES TUBES A VIDE. — Un vol. de 143 pages (23 × 14). — Paris, Vuibert, 1920.

Extrait de la table des matières : I. Propriétés des tubes à vide à deux et trois électrodes. — Description de quelques types de tubes à trois électrodes. — II. Fonctionnement général d'un tube à vide à trois électrodes. — III-IV-V. Divers fonctionnements en détecteur, en amplificateur, en générateur d'ondes entretenues des tubes à vide à trois électrodes. VI. Réception des transmissions à ondes entretenues. — Méthode des battements. — Hétérodyne. — VII. Divers fonctionnements simultanés en détecteur. — Amplificateur et autohétérodyne des tubes à vide à trois électrodes. — Fonctionnement autohétérodyne des amplificateurs pour courants à hautes fréquences. — VIII. Tubes à vide à deux électrodes et à champs magnétiques. — Tubes à vide à quatre électrodes pour la protection contre les parasites atmosphériques.

C. Gutton, Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy. — TÉLÉGRAPHE ET TÉLÉPHONE SANS FIL. — 1 vol de II-188 pages (11 × 17). de la Collection Armand Colin. Paris, Colin. — Prix : 5.00 francs.

Note de l'éditeur : Très au courant des derniers progrès accomplis dans le domaine de la télégraphie et de la téléphonie sans fil, M. Gutton les expose avec la plus grande précision et sans chercher à éviter les détails techniques.

Pendant la guerre, M. Gutton a été appelé à mettre lui-même en pratique les théories qu'il expose dans son livre et à manier les appareils qu'il y décrit. Ce livre est donc l'œuvre d'un technicien

d'une compétence éprouvée et c'est ce qui en explique la rédaction si méthodique et si claire. De nombreuses figures schématiques, bien choisies, ajoutent encore à la clarté d'un texte qui ne peut manquer d'être lu avec intérêt par les amateurs, avec fruit par les spécialistes.

A. Blanc, Professeur à la Faculté des Sciences de Caen. — RAYONNEMENT-L'ÉCLAIRAGE. — 1 vol. de VI-212 pages (11-17), de la Collection Armand Colin. — Prix : 5.00 francs.

Note de l'éditeur : M. Blanc passe en revue tous les appareils d'éclairage et les étudie, les compare les uns aux autres, tant au point de vue du pouvoir éclairant qu'à celui de la dépense. L'ouvrage sera consulté avec fruit par tous ceux, architectes, entrepreneurs, propriétaires, qui ont à faire un choix raisonné entre les différents systèmes d'éclairage.

A. S. Eddington, professeur à l'Université de Cambridge. — ESPACE, TEMPS ET GRAVITATION. — La théorie de la relativité généralisée dans ses grandes lignes. Exposé rationnel suivi d'une étude mathématique de la théorie. — Traduit par G. Rossignol, avec Introduction de P. Langevin. — 1 vol. de IX-409 pages (16 × 25). Paris, Hermann, 1921. — Prix : 28.00 francs.

Table des matières : A) Prologue. I. La contraction de Fitzgerald Lorentz. — II. La Relativité. — III. L'Univers à quatre dimensions. — IV. Les champs de force. — V. Les différents genres d'Espaces. — VI. La nouvelle loi de gravitation et l'ancienne. — VII. La lumière pesante. — VIII. Autres preuves de la théorie. — IX. Quantité de mouvement et énergie. — X. Vers l'Infini. — XI. Électricité et Gravitation. — XII. Sur la nature des choses. — XIII. Appendice : notes mathématiques ; note historique. B) I. Principes élémentaires. — II. Le Calcul Tensoriel. — III. La loi de gravitation. — IV. Mécanique de la Relativité. — V. Électricité.

Hermann Weyl. — RAUM - ZEIT - MATERIE. — VORLESUNGEN ÜBER ALLGEMEINE RELATIVITAETSTHEORIE. — 4e édition. 1 vol. de 300 pages (14 × 24). Berlin, Springer, 1921.

Extrait de la table des matières : I. Der Euklidische Raum : seine mathematische Formalisierung und seine Rolle in der Physik. — II. Das metrische Kontinuum. — III. Relativitaet von Raum und Zeit. — IV. Allgemeine Relativitaetstheorie.

A. Baldit. — ÉTUDES ÉLÉMENTAIRES DE MÉTÉOROLOGIE PRATIQUE. — 1 vol. de 339 pages (24 × 16). Paris, Gauthier-Villars, 1921. — Prix net : 15.00 francs.

Aperçu des matières : Première partie : Organisation. Observation. — Organisation matérielle d'une station régionale et de ses postes secondaires. Organisation générale du Service météorologique. — Des constantes ou normales d'une station. — Du ballon captif météorologique. — De l'avion météorologique. — Des sondages aérologiques par ballon pilote. — Des observations météorologiques.

Deuxième partie : Les problèmes usuels. — Pression barométrique et vent: I. Pression à toutes altitudes. II. Pression aux faibles altitudes. Le gradient et le vent théorique, au sol ; en altitude.

Troisième partie : La prévision du temps. — De la prévision immédiate. — Les grains et leurs prévisions. I. Grains ordinaires. II. Grains locaux, grains de dépression. — Les éclaircies et leur prévision. — Orages et leur prévision ; les orages de froid. — Les règles de prévision du Temps à brève échéance, prenant pour base la pression ; la température ; les vents de surface ; les vents d'altitude ; basées sur d'autres éléments. — Utilisation des règles de prévision : le langage de la prévision.

Dutrochet René. — Les Mouvements des Végétaux. — Du réveil et du sommeil des plantes. — 1 vol. de VIII-121 pages (11 × 17), de la collection : « Les Maîtres de la pensée scientifique ». Paris, Gauthier-Villars, 1921.

Extrait de la table des matières : I. Coup d'œil général sur les mouvements des végétaux, inédit jusqu'à ce jour, sauf le § II : Mouvements par incurvation. — II. Du réveil et du sommeil des plantes ; inédit jusqu'à ce jour.

H. Driesch, Professeur à l'Université de Cologne. — La Philosophie de l'Organisme. Préface de J. Maritain, Professeur à l'Institut Catholique de Paris. — 1 vol. de XI-234 pages (14 × 23). Paris, Rivière, 1921. — Prix : 9.00 francs.

Extrait de la table des matières : Première partie : L'organisme individuel sous le rapport de la forme et du métabolisme. — I. Morphogénèse élémentaire. — II. Morphogénèse théorique et expérimentale. — III. L'adaptation. — IV. L'hérédité.

Deuxième partie : Systématique et histoire. — I. Les principes de la systématique. — II. Les théories de la descendance. — III. Les théories transformistes.

Étienne Rabaud, Professeur de Biologie expérimentale à la Faculté des Sciences de Paris. — Éléments de Biologie générale. — 1 vol. de XI-444 pages (14 × 22). Paris, Alcan, 1921. — Prix : 15.00 frs.

Extrait de la table des matières : I. Le domaine et la méthode de la Biologie générale. — II. La Matière vivante. — III. Formation des organismes pluricellulaires. — IV. Accroissement et fractionnement des individus. — V. Adaptation et variation. — VI. L'hérédité. — VII. L'espèce. — VIII. L'activité normale des organismes. — IX. La répartition géographique des organismes. — X. Persistance et disparition des Espèces. — XI. L'évolution des organismes.

L. De Launay, membre de l'Institut, professeur à l'École supérieure des Mines. — Où en est la Géologie ? — Un vol. de VI-203 pages (12 × 20) de la Collection des Mises au point. Paris, Gauthier-Villars. Prix : 6 fr. Majoration temporaire.

Table des matières. — Introduction. — I. *Les problèmes de la sédimentation.* 1. La notion de faciès et l'océanographie ancienne. 2. L'évolution sous-marine de nos terrains. Les réactions de la diagénèse. 3. Les altérations superficielles (métasomatose). — II. *La tectonique ou orogénie.* Les plissements de l'écorce terrestre. Renversements. Plis couchés. Nappes. Charriages. Mylonites, etc. — III. *L'histoire des Océans. La Méditerranée, l'Atlantique et le Pacifique.* — IV. *Les relations de la Géologie avec les autres sciences.* 1. La mort de la Terre et du Soleil. Les évaluations géologiques en années ; 2. Comparaison avec la Lune ; 3. L'intérieur de la Terre. — V. *Métallogénie et sources thermales.* 1. Les types régionaux de gîtes métallifères ; 2. Les relations des sources thermales avec les mouvements orogéniques les plus récents. — VI. *Les méthodes nouvelles pour rechercher la houille, le pétrole et les minerais métallifères.*

Louis Mengaud, Docteur en sciences, Professeur agrégé des sciences naturelles au Lycée de Toulouse, Collaborateur adjoint aux services de la Carte géologique de la France. — Recherches géologiques dans la région cantabrique. — Un vol. de 370 pages (25 × 16.5). Paris, Hermann, 1920.

Extrait de la table des matières : Introduction. — Terrains antérieurs au Crétacé. — Crétacé. — Quaternaire. — Résumé stratigraphique général. — Esquisse de l'histoire du mouvement des mers dans la région cantabrique du Dinantien à la fin du nummulitique. —

Esquisse de la tectonique de la région cantabrique. — Graphique physique.

Henri Pons. — RELATION D'UNE ÉPIDÉMIE DE FIÈVRE MÉDITERRANÉENNE. — Un vol. de 75 pages (15 × 24). Dirion, Toulouse, 1921. Prix : 5 fr.

I. L'évolution clinique de la fièvre méditerranéenne en général. — II. La relation de l'épidémie observée en 1919 à Caramany, village des Pyrénées Orientales.

Jean Dore, Pharmacien de 1re classe. — CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE L'AUTO-VACCINOTHÉRAPIE. — ÉTUDE EXPÉRIMENTALE SUR LA PRODUCTION DES ANTICORPS. — Un vol. de 154 pages (16 × 24) Prix : 15 fr. Dirion, Toulouse, 1921.

Plan de la thèse : I. 1° Notions préliminaires sur l'immunité, la vaccination et la vaccinothérapie. 2° Indications de la vaccinothérapie. — II. 1° Diverses sortes de vaccins ; Stoks-vaccins et auto-vaccins. 2° Voies d'introduction. — III. Technique personnelle. — IV. Observations personnelles, Résultats de ces observations et discussion globale. — V. Partie expérimentale. — Production d'anticorps hémolytiques. — Production d'anticorps anti-microbiens.

Fr. Agostino Gemelli, O. F. M., Professore di psicologia sperimentale nella R. Accademia scientifico-letteraria di Milano. — L'ORIGINE DELLA FAMIGLIA. Un vol. de 132 pages (19 × 13) — Milano, « Vita e Pensiero », 1921.

Table des Matières : Prefazione. I. Il problema dell' origine della famiglia. — II. Una questione di metodo. — III. La dottrina evoluzionista dell'origine della famiglia. — IV. Critica del metodo evoluzionistico e la scuola storica. — V. Critica della teoria della consanguineità di Morgan. — VI. Le nozze fra gruppi. — VII. La teoria del matriarcato. — VIII. I popoli primitivi della terra. — IX. Il fidanzamento fra i primitivi. — X. La monogamia della famiglia primitiva. — XI. La saldezza della famiglia primitiva. — XII. La posizione della donna nella famiglia primitiva. — XIII. La morale sessuale dei primitivi. — XIV. Il figlio nella famiglia primitiva. — XV. Il totemismo matrimoniale. — XVI. L'esogamia. — XVII. Conclusioni.

Édouard Naville, Professeur honoraire de l'Université de Genève, associé étranger de l'Institut de France. — L'ÉVOLUTION DE LA LANGUE ÉGYPTIENNE ET LES LANGUES SÉMITIQUES. — Un vol. de VIII-178 pages (26 × 18). Paris, Geuthner, 1920.

Extrait de la Table des Matières : I. L'écriture égyptienne : 1° Son origine ; 2° Origine de l'écriture chananéenne ; 3° Le déterminant et l'ordre des signes. — II. La grammaire. — III. Le Démotique et l'Araméen : 1° Le Démotique ; 2° l'Araméen. — IV. Le Copte. — V. L'Hébreu. — Auteurs cités.

C. Autran, Pensionnaire de l'Institut français d'archéologie orientale du Caire. — « PHÉNICIENS ». ESSAI DE CONTRIBUTION A L'HISTOIRE ANTIQUE DE LA MÉDITERRANÉE. — Un vol. de XV-146 pages (33 × 25). Paris, Geuthner, 1920. Prix : 30 francs.

G. Goldziher. — LE DOGME ET LA LOI DE L'ISLAM. Histoire du développement dogmatique et juridique de la religion Musulmane. Traduction par F. Arin, Docteur ès sciences juridiques. Un vol. de VII-315 pages (25 × 7). Paris, Geuthner, 1920.

Extrait de la table des Matières : Préface du Traducteur. — Avant-propos de l'auteur. — I. Muhammed et l'Islam. — II. Développement de la loi. — III. Développement dogmatique. — IV. Ascétisme et Sûfisme. — V. Les sectes. — VI. Formations postérieures.

V. Scheil, Membre de l'Institut, Directeur d'étude à l'École pratique des Hautes Études. — RECUEIL DE LOIS ASSYRIENNES. — TEXTE ASSYRIEN EN TRANSCRIPTION FRANÇAISE ET INDEX. — Un vol. de 125 pages (19 × 28). Paris, Geuthner, 1921. Prix : 24 francs.

RR PP. Janssens & Savique, Professeurs à l'École biblique de St Étienne Jérusalem. — MISSION ARCHÉOLOGIQUE EN ARABIE. — COUTUMES DES FOUQARA. Supplément du vol. II. — Un vol. de 98 pages (28 × 29) Paris. Geuthner, 1920.

Extrait de la table des Matières : Avant-propos. — I. Tribu et Famille. — II. La vie individuelle. — III. Vie Religieuse. — IV. Plantes et animaux. — Table des mots. Table des mots arabes.

R. Guénon. — INTRODUCTION GÉNÉRALE À L'ÉTUDE DES DOCTRINES HINDOUES. — Un vol. de 346 pages (14 × 23). Paris, Rivière, 1921.

Note de l'éditeur. Extrait : Cet ouvrage est le premier en France, et même en Europe, où soit présentée une interprétation des doctrines de l'Inde conforme aux idées des Hindous eux-mêmes, et basée sur une connaissance directe de l'intellectualité orientale.

L'auteur insiste d'abord sur les différences essentielles qui séparent, d'une façon générale, les modes de la pensée orientale de ceux de la pensée occidentale, et dont la méconnaissance est la source des plus graves erreurs d'interprétation. Il expose ensuite les divers aspects de la doctrine hindoue en s'attachant tout particulièrement à montrer le caractère strictement traditionnel de cette doctrine dans toutes ses branches, et la base purement métaphysique à laquelle tout, y compris les institutions sociales, se rattache directement ou indirectement comme autant d'applications des mêmes principes fondamentaux dans différents domaines. Enfin, il conclut en indiquant les avantages inappréciables que peut apporter une connaissance vraie et profonde de la pensée orientale, ainsi que les conditions d'un rapprochement intellectuel entre l'Orient et l'Occident.

Emilio Chiocchetti, O. F. M. — RELIGIONE E FILOSOFIA. — Un vol. de VIII-231 pages (19 × 13). — Milano, « Vita e Pensiero », 1921.

Table des Matières : I. L'immortalità dell' anima nel pensiero contemporaneo. — II. Il modernismo filosofico nelle sue fonti. — III. In difesa della ragione. — IV. La teosofia. — V. La religione nella pedagogia moderna. — VI. Il pensiero ascetico di Antonio Rosmini.

Vernon Lee. — LES MENSONGES VITAUX. — Études sur quelques variétés de l'Obscurantisme contemporain. — Un vol. de 308 pages. (22 × 15). Paris, Alcan, 1921.

Table des Matières : I. Pragmatisme théorique. 1) Les deux pragmatismes. 2) Qu'est-ce que la vérité ? 3) Les vérités mystiques. 4) Fruits pour la vie.

II. Pragmatisme appliqué. 1) Le modernisme et la volonté de continuer à croire. 2) L'apologétique anthropologique et la volonté de faire croire les autres. 3) M. Georges Sorel et le mythe syndicaliste de la grève générale.

III. Épilogue. 1) Vérités qui sont des malentendus. 2) Adieux aux mensonges vitaux. 3) Humanisme.

André DUMONT

INGÉNIEUR

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN

Grand Officier de l'Ordre de Léopold;
Officier de l'Ordre de la Couronne;
Décoré de la Croix Civique de 1re classe et de la Médaille Commémorative du règne de Léopold II;
Commandeur de l'Ordre de Saint-Stanislas de Russie;
Chevalier de la Légion d'honneur.

André Dumont

Le nom d'André Dumont avait déjà été illustré par le célèbre savant, l'un des fondateurs de la Géologie de Belgique, qui mourut en 1857, Recteur de l'Université de Liége. On est saisi d'admiration, lorsqu'on embrasse d'un coup d'œil l'œuvre scientifique qu'il a laissée. Dans la première moitié du XIXe siècle, alors que les moyens de communication étaient encore primitifs et lents, parcourir à pied dans toutes les directions la « *Belgique et les contrées voisines* » et seul (1), en seize ans, dresser une carte géologique, monument impérissable, qui est le fondement de nos travaux présents et restera à la base des travaux futurs : n'est-ce pas là témoigner d'une science, d'un labeur et d'une persévérance étonnants ? Le fils, héritier de toutes ces qualités, devait mériter, dans un domaine moins spéculatif, la même reconnaissance de la postérité et la même gloire.

André Dumont, dont la *Société scientifique* tient à honorer la mémoire dans ces pages, naquit à Liége le 9 octobre 1847. Il n'avait pas dix ans, lorsqu'il perdit son père. Ce fut donc sa mère, véritable femme forte selon l'Écriture, qui modela aux plus hautes vertus l'âme de l'enfant, et forma son intelligence aux généreux labeurs. Pour l'entraîner dans cette double voie, André eut, comme émule, son frère aîné Jean-Baptiste. Celui-ci

(1) Il est touchant de noter qu'André Dumont fit la plupart de ces pénibles voyages en compagnie de sa vaillante épouse, qui, en partageant ses fatigues, l'assistait dans ses travaux.

couronna de solides études par les grades qu'il prit à l'Université de Liége, pour conquérir ensuite à l'Université catholique de Louvain, où son cadet débutait, le titre d'Ingénieur des Arts, Manufactures et Constructions civiles. Jean-Baptiste entra peu après dans la Compagnie de Jésus, tout en restant fidèle aux sciences que, dès ses plus jeunes années, son illustre père lui avait appris à aimer.

Le P. J.-B. Dumont professa les sciences en Belgique et aux Indes Anglaises. Il mourut en 1893, victime de son zèle infatigable, à Nemlao, au Congo, où il s'était rendu chargé des recherches scientifiques à faire dans la nouvelle mission, recherches que déjà les anciens Jésuites ne négligèrent point, et qui ne furent pas d'une médiocre utilité pour *le progrès :* la célèbre collection des « LETTRES ÉDIFIANTES ET CURIEUSES » en fait foi.

On ne s'étonnera point qu'à pareille école André Dumont soit devenu un homme éminent, dont sa famille et ses amis garderont un souvenir ému ; un savant, qui sera l'honneur de l'Université où il a enseigné, et le bienfaiteur de la Patrie, qu'il a enrichie d'un inappréciable domaine minier : un chrétien admirable, dont le caractère élevé fut une prédication vivante. Gustave Dewalque, son collègue à l'Université de Liége, a écrit du père : « On appréciait surtout en lui l'homme intègre, qui refusa » son concours aux plus brillantes offres de l'agiotage et » sut conserver à la fois sa propre estime et celle de ses » concitoyens ». Qui songerait à refuser le même éloge au fils ?

Le commerce d'André Dumont était d'un charme délicat et bienfaisant. A sa vue, on ressentait l'impression qu'en 1904 M. Hubert, alors président de l'Union des Ingénieurs, décrivait à la remise du buste qu'on lui offrit : « Votre front puissant, caractéristique du penseur, vos » traits accentués, si distingués et si fins, l'expression de » modestie en même temps que d'assurance qui, sur vos

» traits, reflète si bien votre caractère... ». La physionomie du savant montrait réellement tout cela, mais elle le montrait naturellement, sans apprêts ni pose, avec la franche loyauté et la douce fermeté qui illuminaient toute sa personne.

Voyez le discours qu'André Dumont prononça à la manifestation à laquelle nous faisions allusion à l'instant : c'est tout l'homme. Il brosse d'abord à grands traits la synthèse de ses idées sur la genèse des bassins houillers, puis il raconte, en s'effaçant autant que la véracité le lui permet, l'historique de la découverte du bassin de Campine. Tout cela, il le dit simplement, mais nettement, sans dissimuler ses sentiments de foi et en manifestant hautement la place que la reconnaissance la plus délicate tient dans ses souvenirs.

Mais, s'il fut un homme de société, André Dumont fut avant tout un ingénieur. Après avoir posé de solides fondements humanitaires, il fit de brillantes études à l'Université de Louvain, cette Université qu'il allait entourer d'un culte vraiment filial et qu'il devait illustrer à la manière dont son père avait illustré celle de Liége. Ses élèves et ses admirateurs, en un mot, tous ses amis, comptent prochainement dresser devant les Écoles spéciales de Louvain un monument qui sera le digne pendant de celui que la « Science reconnaissante » a élevé à son père sur la place de l'Université de Liége.

A peine entré dans l'industrie, aux Charbonnages de Bracquegnies, André Dumont cherche à témoigner à sa chère Université la gratitude filiale qu'il lui a vouée. Il collabore activement à la fondation de l'*Union des Ingénieurs* (1872). Dès que l'Union a vu le jour, il n'y réclame pas une place d'honneur qu'il suffirait de payer par quelques gestes protecteurs et bienveillants : il veut être à la tâche, se dépenser. Pendant près de cinquante ans, il sera, modeste mais inlassable, trésorier, président, archiviste, secrétaire-rédacteur des ANNALES, et,

par dessus tout, il restera le conseiller et la providence de tous ceux qui, jusqu'au soir de sa vie, sortiront des Écoles spéciales de Louvain.

Voici l'hommage que rend à sa mémoire bénie, M. Bonnevie, président de l'Union, au solennel moment du dernier adieu : « André Dumont était l'un des membres » les plus assidus de nos assemblées, et il a été vraiment » l'âme de notre Union pendant ses années les plus » difficiles, en prenant sur lui toutes les charges, et je ne » me trompe pas en proclamant que c'est à lui surtout » que nous sommes redevables de cet esprit de confiance » et de grande fraternité qui règne parmi nous. Nous » n'avons eu qu'à l'imiter de notre mieux, à écouter sa » parole toujours cordiale, en même temps que judicieuse, » que nous nous plaisions tant à entendre, à suivre la » voie qu'il nous avait tracée ».

Ce témoignage autorisé vient corroborer le souvenir ému que nous gardons de confidences dont nous avons été plusieurs fois honoré, où nous sentions la sollicitude paternelle du Maître pour ses élèves.

Cette sollicitude n'attendait pas que les jeunes gens quittassent l'Université pour entrer dans la carrière, elle se dépensait pour eux pendant leurs études et plus particulièrement alors qu'ils suivaient son cours. Son cours, pour André Dumont, c'étaient les fonctions d'un sacerdoce. Il y apportait un soin, une application, un dévouement à la hauteur de l'homme de devoir qu'il était. Sa vie ne lui semblait pas compter d'heures plus solennelles, et il n'en est pas auxquelles il se préparât avec plus de conscience. Il s'y rendait dans un réel recueillement, ne regardant à aucune peine, si modeste qu'elle pût être, afin que tout fût prêt de l'outillage pédagogique et jusqu'aux figures, qu'il traçait lui-même à l'avance au tableau avec précision et minutie.

Cette haute conception de sa mission frappait ses élèves ; elle doublait son enseignement scientifique

impeccable, d'un enseignement moral qui revêtait tout le caractère d'un apostolat. Aussi ne fûmes-nous pas surpris d'entendre l'élève chargé de dire au Maître le dernier adieu, au nom de ses condisciples, M. Raskin, s'exprimer ainsi : « Groupés autour de cette chaire qu'il » occupait avec une si rare autorité, et un si complet » dévouement depuis plus de quarante ans, nous ne » savions pas ce qu'il fallait le plus admirer, ou de sa » profonde connaissance de l'art des Mines, ou de la » conviction qu'il savait mettre dans sa parole ».

Mais il est temps que nous en venions au grand œuvre de sa vie, celui qui aura le plus de répercussion dans l'histoire économique et sociale de la Patrie : *la découverte du Bassin houiller de la Campine.* Comme toute entreprise bienfaisante, elle connut des obstacles, des difficultés, de fâcheux contretemps, de regrettables contradictions, dus les uns à la nature même des choses et les autres, hélas ! à la mesquinerie des hommes.

Il est établi aussi clair que le jour et acquis pour l'histoire qu'André Dumont a « découvert » ce Bassin houiller. Le mot dit avec pittoresque ce qu'il a fait. André Dumont a déchiré l'épaisse couverture qui cachait ce précieux gisement de charbon aux regards des hommes et aux possibilités de l'Industrie. Malheureusement, le nom seul d'André Dumont excitait les passions de la misérable politique, et la gloire, qui allait en revenir aux Écoles spéciales de Louvain, n'était pas sans éveiller des appréhensions chez la vieille École des Mines de Liége, qui craignait que sa propre renommée en pâlît.

Cependant l'histoire mouvementée, tour à tour enthousiasmante et pénible, de la magnifique mais laborieuse découverte du nouveau Bassin houiller est là pour attester le rôle qu'y joua André Dumont. Les témoins qu'on peut évoquer, tantôt sympathiques, tantôt malveillants, ne manquèrent point. Au surplus, il y a la déclaration officielle du Gouvernement belge, qui, après

cinq ans d'examen, s'exprime en ces termes dans le MONITEUR : « La Société de Recherches et d'Exploitation » EELEN-ASCH (1) — dont André Dumont était l'âme, » comme elle aimait elle-même à le proclamer — a, la » première, à la suite d'un sondage entrepris en vue de » la recherche du charbon, fait constater, au mois d'août » 1901, l'existence à Asch, en Campine, d'un gisement » important de houille exploitable... »

Il est infiniment regrettable que certains, après avoir assisté de loin, avec indifférence, pour ne rien dire de plus, aux vicissitudes de la longue recherche du Bassin houiller, organisèrent, aussitôt que le coup de sonde eut démontré la présence du charbon, une véritable levée de boucliers contre l'inventeur heureux. Il se fit, comme le dit très bien M. le Professeur Ch. J. de la Vallée Poussin, une vraie mise en scène, où il ne manquait que la sommation de comparaître devant une espèce d'aréopage scientifique : on lui enseignerait, à cet inventeur, comment on fait une invention. Nous avons insinué plus haut les raisons, plus humaines que scientifiques, de cette animosité.

Dans ce triste esprit, on prétendait que l'*idée* de l'existence possible de la houille en ces régions n'était point une idée neuve : cette idée était « dans l'air », et dès lors le *fait* de la découverte n'était plus rien. La masse n'entend rien aux finesses, et on se proposait, par ces déclamations, de réduire à néant, devant le public, l'œuvre du professeur de Louvain et de son École.

On sait que l'histoire est une perpétuelle répétition. Il s'est passé quelque chose de semblable, lorsque Christophe Colomb se fût opiniâtré à découvrir l'Amérique, contrairement à l'avis de pas mal de bonzes de la science

(1) Cette société est la transformation de la « Nouvelle Société » de Recherches et d'Exploitation ». Elle portait ce dernier nom, lors du sondage décisif d'Asch.

de son époque. D'abord, on prétendit qu'il n'avait rien découvert du tout. N'y avait-il pas de grands penseurs qui, bien avant Colomb — comme, au XIIIe siècle, le célèbre Franciscain Roger Bacon — en discutant la sphéricité de la terre, avaient émis l'*idée* que, dans cette hypothèse, on pourrait bien rencontrer des terres aux antipodes des régions connues ? D'autres, tout en concédant que Colomb était descendu en *fait* sur des rivages prétendument ignorés, n'admettaient pas qu'on pût faire ainsi pareille découverte : où étaient les principes suffisamment solides et vraiment scientifiques qui l'avaient autorisé à risquer une aussi audacieuse entreprise ? L'heureux navigateur n'avait été, à tout prendre, que l'agent du hasard et c'était pure injustice que de lui faire tant d'honneur. Il faut convenir que le verdict serein de l'histoire a été au-dessus des haines et des petitesses, et que ce verdict a établi Christophe Colomb dans la possession définitive de ses titres à la reconnaissance de la postérité et à la gloire.

Avant André Dumont, combien de géologues et de mineurs avaient dû se demander, en examinant les cartes géologiques d'Europe, si les gisements houillers, si développés, du Nord au Sud, en Allemagne et en Angleterre, avaient pour raccordement unique la mince bande houillère qui jalonne, à travers la Belgique, le ridement ardennais ! L'hypothèse contraire méritait d'être vérifiée. La seule tentative de vérification fut faite à Lanaeken, par MM. Urban, Wilmart et Putsage. Elle aurait plutôt dû décourager les chercheurs : elle découragea en fait, définitivement ses auteurs. Comme le sondage n'avait recoupé en profondeur que les étages les plus inférieurs du terrain houiller, on conclut à la rencontre de l'extrême bord septentrional du bassin connu de Liége : on n'osa pas y voir le relèvement méridional de la cuvette du Nord, qu'on recherchait. Nous pouvons donc affirmer que toutes les études, jusqu'en 1898, n'avaient pas

fourni de résultats positifs. L'industrie belge aurait eu de la peine à en tirer le moindre profit : la richesse minière du pays ne s'était accrue en rien.

Tandis que les discussions se continuaient stériles et, par la suite, nonobstant le résultat mal interprété de Lanaeken, André Dumont restait fidèle aux conceptions que successivement, en 1876 et 1877, Guillaume Lambert son prédécesseur à Louvain dans la chaire d'Exploitation des Mines, et lui-même, avaient mises en avant. Il conservait toute sa croyance à la thèse qu'il avait énoncée, dès cette année 1877, dans ces termes si précis :

« Nous pensons, dit-il dans sa *Notice sur le nouveau* » *Bassin Houiller du Limbourg hollandais*, que cette vaste » formation houillère, qui s'étend de la Westphalie » jusqu'en Angleterre, se subdivise en plusieurs parties... » Nous aurions plusieurs bandes houillères, se dirigeant » vers l'Ouest, mais dans des directions divergentes. » L'une d'elles, la bande méridionale, est connue sur » presque tout son parcours. Elle constitue le bassin belge, » celui du Nord de la France et celui du Pays de Galles. » Une autre marcherait parallèlement au bassin méri- » dional sur une partie de sa longueur, puis s'en sépare- » rait dans le Limbourg, passerait sous les formations » plus récentes du Nord de la Belgique, puis dans le » voisinage de Londres, pour aller constituer les bassins » du centre de l'Angleterre... Il est fort probable que sur » une telle étendue, par suite de soulèvements postérieurs à la formation houillère, il y a des solutions de » continuité, peut-être même considérables. Mais, dans le » cas où ces causes n'existeraient pas, et où l'allure des » terrains est régulière, on doit s'attendre à trouver des » dépôts houillers importants... Dans l'intérêt de la » Science, il importerait que le Gouvernement Belge » encourageât ou fît exécuter quelques sondages, dans les » provinces du Nord de la Belgique, jusqu'aux terrains » primaires. Ces sondages fourniraient des renseigne-

» ments précieux à la géologie, tout en résolvant le
» problème de l'existence d'un bassin houiller dans le
» Nord de la Belgique. »

Voilà le problème posé dans toute sa netteté. Cependant André Dumont en est encore à ce que nous appelions « l'idée » de la découverte. On ne peut pas encore le proclamer inventeur. Il lui reste pour cela à exécuter la recherche. Ceux qui ont connu sa réserve, sa conscience plutôt timorée, penseront sans doute, avec nous, qu'il n'aurait jamais conquis ce titre, malgré sa conviction personnelle, s'il n'avait trouvé à côté de lui la juvénile audace d'un néophyte. Sa charmante modestie le raconte ingénument à ses admirateurs, qui le fêtent en 1904 : « ... C'est chez les ingénieurs sortis de nos
» Écoles que s'éveilla l'esprit d'entreprise qui avait man-
» qué aux capitalistes. En 1896, un de mes anciens élèves,
» M. Léon Deboucq, vint m'offrir de constituer un
» groupe, parmi les camarades de Louvain (1), qui fourni-
» rait le capital nécessaire à l'exécution d'un sondage
» dans le Nord. J'ai encore le souvenir de la vive émotion
» causée par cette démarche, toute marquée de con-
» fiance et de généreux dévouement à une idée qui me
» tenait tant au cœur. Certes, je l'encourageai grande-
» ment, mais, à ce moment-là, si souvent déçu, j'étais
» convaincu qu'il n'aboutirait pas. Car un seul sondage
» à grande profondeur exigeait un capital peu en rapport
» avec les ressources de jeunes ingénieurs. J'oubliais
» qu'avec la foi, l'enthousiasme et le dévouement, la
» jeunesse vient à bout de tout. »

Ces lignes nous disent combien l'ingénieur avait étudié la question, combien il en avait calculé les proportions probables. Elles soulignent aussi sa prudence, qui hésitait devant la responsabilité d'engager ses amis avec

(1) Dans le même discours, André Dumont cite comme ayant été particulièrement efficace la collaboration des ingénieurs Deulin, Jourdain et De Preter.

lui — car son désintéressement n'a jamais discuté la mesure de sa collaboration — dans une entreprise aléatoire, si persuadé qu'il fût de la réussite finale. S'il avait la divination instinctive du génie d'invention, André Dumont n'avait pas l'âme aventureuse d'un Christophe Colomb, qui osa entraîner des compagnons sur ses caravelles au travers de mille privations, parmi les périls de mort. Et ne l'oublions pas, les plus beaux chapitres de l'histoire des découvertes sont là pour le prouver, ces visions qui haussent pour un savant les probabilités d'une conclusion jusqu'au seuil de la certitude, sont d'ordre parfaitement scientifique : il n'y a que ceux qui ne sont pas de taille à avoir de ces intuitions, que la chose puisse offusquer.

Maintenant que, grâce à la foi qu'il a su faire partager à ses élèves, André Dumont va être outillé pour vérifier ses prévisions, il se met en route avec une vaillance et une ténacité déconcertantes, qui seront un nouvel enseignement d'une haute portée morale pour ceux qui s'attachent à ses pas.

Bien que nous en ayons le désir, nous ne pouvons pas donner dans ces pages le même développement à toutes les phases de la lutte qu'André Dumont soutint dans sa marche triomphale vers la découverte du charbon en Campine. Il est d'ailleurs plus généralement connu que la première Société qui se groupa autour de lui, n'aboutit pas. Cet échec ne fit qu'exciter chez André Dumont la volonté de la réussite. A sa parole, de nouveaux éléments vinrent renforcer les moyens d'action, en constituant une nouvelle société. « C'est à celle-ci, déclare » simplement André Dumont, — la nouvelle Société de » Recherche et d'Exploitation, — que la nation doit la » découverte du Bassin du Nord, qui eut lieu, le 2 août » 1901, date désormais historique, au sondage d'Asch. » Mais qu'aurait-elle fait sans Dumont, cette Société, alors que sans lui elle n'aurait pas existé !

M. Hubert a pris sur le vif un tableautin intime qui montre le calme avec lequel André Dumont apprit la grande nouvelle ; grande, surprenante pour tout le monde, sauf pour lui, qui depuis plusieurs lustres, était habitué à ne pas douter de l'existence d'un Bassin houiller en Campine.

Écoutons M. Hubert ; il s'adresse au professeur Dumont, le jour de l'inoubliable manifestation que l'amitié et la science lui offrirent en 1904 : « Le jour de » l'heureuse découverte, vous vous installiez à Spa pour y » passer vos vacances en famille ; un télégramme inat- » tendu arrive ; c'est toujours un événement qu'un télé- » gramme, pour une mère de famille ; elle se demande si » c'est la joie ou la peine qu'il porte dans ses flancs. Elle » suit donc sur votre visage les émotions qui doivent » révéler le secret et, le voyant impassible, elle dit d'une » voix tremblante : « Il n'y a rien d'inquiétant ? » Et vous, » tranquille : « On m'annonce qu'on a trouvé le charbon » à Asch. » Alors elle s'exclame : « Comment ! Cette nou- » velle te laisse aussi froid ! Tu n'es pas heureux ? » — « Je savais qu'on le trouverait. »

Opposons à la sérénité noble de cette scène, une autre où parle le langage de la passion. Nous étions nous-même — on comprendra la discrétion qui nous défend de trop préciser — à causer dans son cabinet avec l'un de ceux qui furent spécialement âpres à disputer à André Dumont et à ses amis la gloire de la découverte. Tout à coup la sonnette du téléphone retentit. Notre interlocuteur s'excuse en se retirant. Quand il revient de l'appareil, il nous dit : « Vous ne devineriez jamais ce » qu'on vient de m'annoncer... On prétend avoir recoupé » du charbon à Asch ! Pourvu que ces gens n'aient pas » pris, comme venant du fond, du charbon de la locomo- » bile tombé dans le sondage ! »

Ce diptyque est trop éloquent pour qu'il faille y insister.

L'hypothèse ancienne que Guillaume Lambert et André Dumont avaient conçue, était vérifiée : grâce à l'indéfectible ténacité du savant, elle était devenue un fait acquis à la science. Il s'agissait maintenant d'en faire une réalité industrielle et économique. Car l'inventeur n'aurait pas su se contenter d'une victoire d'ordre scientifique, alors qu'il pouvait aider au développement de l'essor industriel de la Patrie et fournir à la classe ouvrière une source nouvelle de bien-être.

Inlassable, André Dumont ne quitta pas la lice. Il se dépensa sans compter en démarches et en études : l'obtention d'une modeste concession, que les pouvoirs publics mesurèrent chichement à l'inventeur, tarda cinq ans. En 1912, le premier coup de pioche déchira le sol à l'endroit du premier puits des Charbonnages André Dumont. Mais il était écrit que le vaillant ouvrier n'aurait pas ici-bas la suprême satisfaction de voir sortir de terre la première gaillette de son charbonnage. La cause de cette dernière déception lui fut particulièrement odieuse, car elle avait les caractères qui étaient le plus en opposition avec l'âme d'André Dumont : la déloyauté et la barbarie. Il souffrit profondément de l'occupation teutonne, mais, alors que devant l'ennemi il supportait noblement et fièrement l'épreuve, il s'inclinait, en grand chrétien qu'il était, devant la Volonté Divine en prononçant le plus généreux des *Fiat*.

Ces pages, que l'amitié nous a dictées, nous aimons à les clore comme nous les avons ouvertes : nous soulignons de nouveau en terminant combien les deux André Dumont resteront unis dans l'histoire de la Géologie de Belgique. Alors que l'illustre professeur de Liége avait tracé d'une façon définitive, quand la science géologique balbutiait encore, les grands traits de la carte du sol belge, la découverte du Bassin houiller, par le professeur de Louvain, a permis d'arrêter la coupe

tectonique profonde de tout le pays. Nous savons maintenant que, si les dépôts houillers du Sud ont participé à tous les mouvements que les plissements successifs du massif ardennais ont imprimés à la haute Belgique, au nord du vieux massif brabançon des témoins de la même formation houillère sont restés sensiblement en place, et que leurs strates n'ont fait que se tasser, au gré de la descente du vaste « fossé » qui nous sépare, nous et la Hollande, du relèvement scandinave, en laissant s'accumuler, par dessus, un épais manteau de sédiments des âges plus récents.

Resterait, s'il ne ressortait point lumineux de toute la trame de sa vie, à tracer le portrait moral de notre regretté confrère. Horace l'a buriné pour nous en un vers :

Justum et tenacem propositi virum... (1).

Puissent ceux qui méditeront cette vie, concevoir le salutaire propos de donner à la Patrie de pareils hommes, intègres et opiniâtres ; elle en a pitoyablement besoin.

G. Schmitz, S. J.
Professeur de Géologie.

(1) « Rien n'ébranle, en son âme solide, l'homme juste et ferme dans son dessein » *(Leconte de Lisle.)*

UN CHAPITRE NOUVEAU

DE

L'Évolution Planétaire

Alors que les naturalistes discutent encore sur le fait et la signification de l'Évolution organique, et que les adeptes de la doctrine sont toujours à la recherche d'une loi biologique capable d'expliquer la filiation possible des espèces, les astronomes, depuis Kant et Laplace, n'ont jamais mis en doute le principe de l'évolution de la substance matérielle.

Le système solaire, tel qu'il nous apparaît, dérive d'un état antérieur plus simple, d'une nébuleuse dont le centre était occupé par un Soleil plus ou moins diffus, entouré d'une couronne aplatie où un œil exercé aurait pu deviner les linéaments des planètes futures.

A mesure que s'épurait cette sorte d'atmosphère et que grossissait le Soleil central, des globes plus petits, étincelants comme de faibles étoiles, ponctuaient de taches brillantes l'aire de la nébuleuse probablement spirale : ainsi naquirent planètes et satellites.

Du mécanisme qui présida au groupement des matériaux et provoqua l'apparition des planètes en tant que corps jouissant d'une autonomie propre, nous ne savons rien de certain à l'heure actuelle : les systèmes cosmogoniques se succèdent, apportant parfois une vague petite lueur au milieu des ténèbres ; mais, il faut bien l'avouer, les plus savants d'entre nous ne font que balbutier devant ce sphinx redoutable et cette énigme sans cesse renaissante.

C'est qu'en fait, et quelle que soit la légitimité des hypothèses dans la science, nous nous trouvons en face de ce que les mathématiciens appellent un système d'équations indéterminées comportant une foule de racines plus ou moins approchées. Dès lors, chaque auteur en est réduit à soutenir sa thèse au moyen d'arguments plus ou moins métaphysiques, lorsqu'il y aurait lieu de ne pas quitter la méthode expérimentale.

Toutefois, de telles disputes ne demeurent pas complètement stériles ; n'auraient-elles d'autre but que de limiter l'arène du champ clos dans lequel il nous est permis d'opérer, qu'il faudrait savoir gré aux savants modernes de les avoir suscitées.

Ainsi, à condition de modérer nos ambitions, il nous est permis d'aborder avec fruit certains côtés des questions cosmogoniques et les problèmes de l'Évolution planétaire paraissent bien rentrer dans cette dernière catégorie.

A examiner, d'une façon superficielle, le tableau des éléments des planètes, on est frappé au premier abord par les différences de densité. A ce point de vue, les planètes peuvent être classées en trois groupes :

Celui des grosses planètes dont la densité se rapproche de celle du Soleil, qui est de 1,42 (celle de l'eau étant 1). Nous avons en effet 1,30 pour Jupiter ; 1,54 et 1,55 pour Uranus et Neptune ; enfin 0,64 pour Saturne dont la légèreté est extraordinaire.

Le deuxième groupe peut être représenté par Mars, auquel nous joindrons la Lune, bien que celle-ci ne soit qu'un simple satellite ; leurs densités respectives sont de 3,93 et de 3,33.

Le troisième groupe comprend les planètes inférieures et la Terre, dont les densités s'échelonnent entre 5,22 et 5,52 : Terre = 5,52 ; Vénus = 5,22 ; Mercure = 5,33.

Si maintenant nous remarquons que les grosses planètes,

dont la masse est 222 fois supérieure au total à celle des petites, représentent, par rapport à celles-ci, un volume 1129 fois plus considérable, nous pouvons déclarer *a priori* que le premier groupe envisagé est fort loin de sa condensation finale et que Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune ont bien des chances d'être entièrement gazeux, comme notre Soleil actuel.

Concluons aussi que Mars, la Terre, la Lune, Vénus et Mercure, à densité plus forte, ont dû subir une évolution plus rapide et sont plus proches du dernier stade de leur vie astrale.

Que si de semblables propositions vous paraissent dépasser les prémisses, je pourrai vous répondre que nous en demanderons la confirmation à l'expérience et à l'observation, car il faut toujours se méfier des hypothèses incontrôlables.

D'ores et déjà, il apparaît cependant que l'état d'avancement d'une planète, ce que j'appellerais volontiers son âge relatif, n'a rien à voir avec sa vieillesse absolue ou mieux sa date de naissance. On conçoit fort bien, en effet, que la perte de chaleur par rayonnement, liée au temps, soit surtout fonction du volume, et qu'une planète très petite, comme la Terre, ait une évolution plus rapide, donc vieillisse plus vite qu'un globe 1341 fois plus gros qu'elle, tel le colosse jovien.

Ainsi se simplifie quelque peu le problème de l'évolution planétaire, puisque nous nous débarrassons du même coup de cette question irritante et qui partage encore les cosmogonistes, à savoir quels sont les premiers-nés dans la famille solaire.

En fait, les observations récentes confirment toutes ces conclusions : Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune nous offrent des surfaces nuageuses, floconneuses, en perpétuel changement.

Neptune et Uranus, en raison de leur éloignement, sont des objets difficiles, mais, à défaut d'observations

physiques toujours délicates, nous avons les mesures d'aplatissement : 1/13 seulement pour Uranus, qui semble animé d'une rotation rapide de 11 à 12 heures. Des bandes diffuses marquent son équateur et, d'après See qui a observé Neptune en 1899, il en serait de même pour cette dernière planète.

Heureusement, nous pouvons racheter cette pauvreté d'informations par la vision splendide des deux plus grosses planètes.

Le globe de Saturne, 812 fois plus volumineux que la Terre, semble le plus jeune ou le moins vieilli de toute la série. Sa rotation, qui n'est que de 10 h. 14 m. vers l'équateur, lui donne un aplatissement de 1/9,5, bien visible dans un modeste instrument. Les nuages qui circulent à sa surface offrent un très fort *albedo* (1) et ne sont pas aussi nuancés de ton que ceux de Jupiter. La jeunesse relative de Saturne explique bien cette différence sur laquelle nous reviendrons.

Avec le monde jovien, nous allons commencer à surprendre le mécanisme de l'évolution planétaire ; cela tient surtout à la grosseur de la planète, qui, aux oppositions favorables, nous présente un disque de plus de 50 secondes d'arc, ce qui nous donne, sous un grossissement de 400 fois, un diamètre apparent 10 fois supérieur à celui de la Lune vue à l'œil nu.

L'immense globe, très aplati, lui aussi (1/16), nous apparaît alors sillonné, d'un pôle à l'autre, de bandes nuageuses parallèles, dont les teintes, variées à l'infini, vont du blanc presque pur aux couleurs les plus sombres, en passant par toute la gamme des rouges, des bruns et du vert-olive.

Avec un pouvoir amplificateur suffisant, ces bandes laissent apercevoir une foule de détails qui en rompent

(1) *Albedo* : terme par lequel on désigne l'éclat superficiel d'une planète ; c'est la proportion de lumière incidente réfléchie d'une manière diffuse par un corps non lumineux.

l'homogénéité. Comme sur le Soleil, aucun accident n'est stable à la surface de la planète ; la durée de rotation augmente en approchant des pôles ; le pouvoir réflecteur des couches supérieures est si considérable, qu'il atteint presque celui du papier blanc : c'est tout juste si la planète n'est pas lumineuse par elle-même.

Évidemment, Jupiter, encore chaud, n'est pas éteint depuis longtemps. Il y a quelques millions d'années à peine, le monde jovien brillait d'un éclat propre, absolument comme une toute petite étoile lumineuse et incandescente. Aujourd'hui, ce n'est plus qu'un demi-soleil. S'il réfléchit encore la lumière de l'astre du jour, il est non moins certain qu'il nous envoie des radiations émanant de son propre fonds et plus particulièrement dans le rouge et l'orangé. J'avais eu pendant des années cette impression d'une chaleur interne, lorsqu'un jour j'eus la bonne fortune de vérifier mon hypothèse. On sait que les passages des satellites devant la planète sont très fréquents, en raison de la faible inclinaison de leurs orbites sur l'écliptique ; or, il arrive bien souvent que dans ces occasions, on suit très nettement la marche de l'ombre d'un satellite sur la surface nuageuse de la planète. Eh bien ! ces ombres, au lieu d'être noires, apparaissent fréquemment avec une teinte rouge très marquée (1). Ainsi, l'endroit de Jupiter qui ne reçoit pas la lumière directe du Soleil et qui devrait nous présenter une absence de radiations ou de couleurs, possède une coloration propre disparaissant seulement sous la luminosité plus forte du Soleil. Il y a donc encore, sous la couche nuageuse, des substances chaudes, probablement portées au rouge sombre, comme les coulées de fonte de nos hauts fourneaux.

Ainsi s'expliquent certains détails de l'atmosphère

(1) V. Th. Moreux, *Les autres mondes sont-ils habités ?* p. 53 (Scientifica. Edit. Paris, 1912).

jovienne, détails analogues à des panaches de fumée produits par des bouches éruptives sous-jacentes. Comme sur la Terre, la volcanicité y paraît soumise à des fluctuations : elle offre des périodes de repos alternant avec des phases de paroxysme et la répercussion d'un tel état de choses se fait sentir sur les linéaments de la topographie — qu'on me passe cette expression — du monde jovien.

Les bandes nuageuses, en effet, qu'on compte par trentaines à certaines époques, se répartissent d'une façon très curieuse autour de la zone équatoriale toujours éblouissante ; tantôt, c'est l'hémisphère boréal qui semble le siège d'une plus grande activité, tantôt l'hémisphère opposé ; mais, presque toujours, ce sont les bandes tropicales qui demeurent le plus visibles.

D'où proviennent ces aspects ? Évidemment, comme je l'ai dit, d'éruptions sous-jacentes, mais cette explication admise ne vide pas la question. Il se passe là, à n'en pas douter, un phénomène analogue à ceux que remarquent les astronomes habitués à observer le Soleil : taches et protubérances subissent des fluctuations périodiques liées, sans aucun doute, à leurs latitudes. L'analogie entre le Soleil et Jupiter se poursuit encore dans la loi de rotation des deux astres, les parties équatoriales tournant plus vite que les régions tempérées et polaires (1).

Lorsqu'en 1900 je fis paraître la première édition du *Problème Solaire*, j'essayai de montrer que la cause de cette accélération était extérieure ; elle était due, pensais-je à cette époque, à la précipitation oblique de poussières s'accumulant surtout dans les zones équatoriales. Les travaux sur la radio-activité m'ont depuis permis de connaître la cause même de cette accumulation de matériaux au delà des surfaces respectives des deux astres (2).

(1) V. Th. Moreux, *Le problème solaire*. Ch. V. (Bertaux, éd. Paris, 1900).

(2) V. Th. Moreux, *Où en est l'Astronomie ?* p. 53 (Gauthier-Villars, Paris, 1920).

Mais pour bien comprendre et saisir ce nouveau mécanisme il faut ouvrir un autre chapitre de l'évolution astrale et explorer de nouveaux horizons.

Si nos planètes actuelles ont brillé autrefois d'une lumière propre comme les étoiles et le Soleil, les phases qu'elles traversent en ce moment ne peuvent être que le prolongement de leur évolution stellaire. Ainsi, l'étude des astres brillants doit nous être d'un précieux secours pour aborder celle des corps célestes que le froid de l'espace semble avoir éteints pour toujours.

Natura non facit saltus, disaient les vieux philosophes ; l'adage trouve ici son application. Pourquoi y aurait-il discontinuité entre l'état incandescent d'abord, celui que nous qualifierons ensuite de demi-soleil, et celui qui est représenté par des corps en partie solidifiés, au moins superficiellement ?

Faisons donc une incursion dans le domaine stellaire ; les fruits que nous en rapporterons ne peuvent qu'être abondants.

Bien que nous puissions discuter encore sur certaines modalités de l'évolution des étoiles, un fait semble désormais acquis : dans la première partie de sa vie astrale, toute masse stellaire est soumise à un accroissement de température, puis passe par un maximum thermique, pour descendre peu à peu la pente symétrique opposée. La classification de Sir Norman Lockyer (1) repose sur des données qui n'infirment en rien la répartition des étoiles suivant leurs spectres ou leur division générale en étoiles blanches, jaunes et rouges d'après les suggestions du P. Secchi. Mais, à mesure que nos moyens d'investigation augmentent et que les caractères particuliers se multiplient, les classes s'effacent pour ainsi dire et la loi de continuité apparaît pleinement. Et cependant, malgré la

(1) V. Sir N. Lockyer. *L'Évolution inorganique*. Trad. fr. (F. Alcan, éd. Paris, 1905).

diversité des types, il semble qu'une caractéristique commune les réunisse, *la variabilité dans l'éclat.*

Je m'explique : autrefois, les étoiles variables formaient des classes à part, soigneusement recensées sur des cartes et des catalogues ; on distinguait les types à courtes ou à longues périodes, ceux à fluctuations régulières ou irrégulières, etc... Tout cela, on le sentait, était quelque peu arbitraire, mais la méthode semblait pratique pour les observateurs. Maintenant, nous commençons à soupçonner que le phénomène est général ; toutes les étoiles sont affectées par cette périodicité qui semble une loi essentielle de leur évolution, et si quelques-unes d'entre elles paraissent briller d'un éclat toujours serein, la cause en est sans doute la longueur de leurs fluctuations. Pour un habitant de Capella, notre Soleil, lui aussi, malgré ses variations undécennales bien accusées pour nous, paraîtrait un parfait exemple de la constance dans l'éclat.

Il y a mieux : les investigations récentes sur certaines variables, telles les Céphéides (type de Céphée), ont montré que les fluctuations sont liées au type spectral, ainsi qu'à l'éclat absolu. La méthode se prête même à des mesures de parallaxe et de distance (1).

Voilà donc un fait général, *la variation*, qui rentre d'une façon précise dans le cadre de l'évolution stellaire. En trouver la cause, serait découvrir du même coup celle de la périodicité de notre Soleil ; faire un pas en avant vers la solution du problème des taches, des protubérances et de la couronne solaires ; ce serait — tous le comprendront — mettre en pleine lumière le mécanisme des forces qui régissent ces demi-soleils, Saturne et Jupiter qui, eux aussi, manifestent de véritables poussées d'activité. Et qui sait si ces périodes que nous voyons s'allonger de plus en plus à mesure que vieillissent les

(1) Cf. Mount Wilson Contr., nos 151 à 157 ; v. aussi Revue des Quest. scientif., janvier 1921, art. Th. Moreux, p. 16.

astres, ne sont pas inscrites sous forme de cataclysmes aux feuillets de l'écorce terrestre disséquée par nos géologues ?

L'énigme vaut la peine d'être creusée, puisque de sa solution dépend, on peut l'affirmer hautement, l'explication des principaux stades de l'évolution des mondes.

Au reste, puisque nous sommes en si bonne voie, ayons le courage d'aller plus avant et de nous demander d'où viennent l'éclat et la chaleur d'un astre ; la réponse à cette double question nous éclairera peut-être sur le fait de leur inconstance et de leur variabilité périodique.

Il y a longtemps que semblable problème a été posé en ce qui concerne notre Soleil. Où l'astre du jour puise-t-il sa provision de chaleur ? Dans une combustion, pensaient les anciens. Réponse enfantine, s'il en fut. Malgré que la chaleur solaire totale représente 550 millions de fois celle que nous en recevons, si l'ardente fournaise se dévorait elle-même à la façon d'un combustible, comme de l'anthracite par exemple, elle serait anéantie en 5000 ans. Or le Soleil brille depuis des centaines de millions d'années, comme l'affirme la géologie.

Les savants modernes ont fait appel à la thermodynamique pour résoudre la question : Mayer admettait une chute constante de météorites ; Helmholtz et lord Kelvin ont eu recours à la contraction. Ni les uns, ni les autres ne sont arrivés à des résultats vraisemblables. C'est alors que Faye pensa aux combinaisons chimiques : celles-ci, en effet, dégagent de la chaleur ; en supposant l'identité des substances en jeu, on a l'explication de la constance de la radiation solaire pendant de longues périodes. Dans ce cas, l'incandescence serait obtenue à l'aide de poussières solides s'incorporant dans la masse (1).

Eh bien ! nous sommes encore loin de la solution. La quantité d'énergie fournie par le Soleil est telle que, ni

(1) H. Faye. *Sur l'origine du monde*, pp. 222 et suiv. éd. de 1884.

les réactions entre molécules, ni même celles qui auraient lieu entre atomes, ne pourraient en rendre compte; cependant, et c'est ce qu'a montré récemment M. Briner, nous arriverions à un résultat satisfaisant en nous adressant à des quantités plus petites que les atomes, aux ions et aux électrons ; c'est-à-dire que l'énergie, comme la radiation solaire, ne peuvent avoir leur source que dans les phénomènes de désintégration atomique et que toutes les deux relèvent de la radioactivité (1).

Que toutes les substances soient plus ou moins radioactives; que, par conséquent, il en existe de telles dans tous les astres, dans le Soleil aussi bien que dans Jupiter ou à l'intérieur de la Terre, ceci ne fait plus aucun doute ; or, admettre cette proposition, c'est résoudre le problème posé et, par des corollaires logiquement déduits, surprendre le secret du mécanisme de l'évolution stellaire.

Donnons quelques chiffres pour concrétiser notre pensée : d'après Jolly, la chaleur fournie par la désintégration atomique est telle que si la Terre, par exemple, contenait deux parties seulement de radium (ou de substance analogue) pour un million de millions de parties de matière, cela suffirait pour augmenter la température du noyau central de 1800 degrés, au bout de cent millions d'années. Dans le même ordre d'idées, l'énergie d'une tonne d'uranium transformée en lumière pourrait éclairer Paris pendant six années !

Nous voilà donc en possession d'une source formidable de lumière et de chaleur ; transportons-la dans le Soleil et nous avons l'explication de la radiation et de la chaleur que l'astre distribue autour de lui ; mais le phénomène n'est pas que superficiel : dans les couches sous-jacentes à la surface visible, la désintégration des matériaux continue ; les atomes explosent sans doute ; mais les poussées

(1) Cf. E. Briner, *Le problème de l'origine chimique du rayonnemen solaire*, dans Rev. Gén. des Sciences, 15 mai 1915, p. 270.

y sont équilibrées par les pressions des masses supérieures jusqu'au moment où l'accumulation des substances désintégrées finit par l'emporter ; c'est alors que la carapace vole en éclats et que nous assistons à des soubresauts de l'activité solaire en apparence assoupie pendant des années.

Généralisons le phénomène ; imaginons-en les modalités en rapport avec le volume, l'âge relatif, l'état d'avancement des substances de l'astre et nous sommes à même de comprendre à la fois la constance apparente comme l'énormité de la radiation des étoiles incandescentes, leurs fluctuations d'éclat dont les périodes s'allongent avec le temps, aussi bien que ces poussées violentes subsistant dans les planètes que le froid de l'espace finit par recouvrir d'une cuirasse plus ou moins facile à transpercer.

Cette théorie qui doit, n'en doutez aucunement, prendre bientôt rang dans la science, va nous guider maintenant dans l'explication des faits constatés à la surface des planètes déjà vieillies par le temps ; elle restera comme la confirmation de ces paroles prophétiques de Soddy : « Lents, incessants, irrésistibles, immuables, si faibles d'apparence qu'il était réservé à notre génération de les découvrir, les phénomènes de radioactivité apparaissent déjà, quand on les exprime en fonction d'une échelle plus étendue de temps et d'espace, comme les causes dernières de l'évolution physique » (1).

* * *

L'histoire des planètes, après la phase primordiale que nous présente Jupiter, nous apparaît inscrite dans l'écorce de notre propre globe et c'est à la géologie qu'il appartient de nous la raconter.

A l'abri d'une atmosphère lourde de vapeurs métalliques, peu à peu s'est élaborée la croûte terrestre, la *lithosphère* dont l'épaisseur augmente chaque jour. Au

(1) V. Revue scientifique, 1919, p. 549.

début, l'instabilité de cette couche fut la règle ; sans cesse déchirée par les éruptions de gaz sous-jacents, il lui fallut quelques millions de siècles pour acquérir la consistance que nous lui connaissons, des millions d'années avant que le phénomène de la vie pût se développer à sa surface.

Laissons aux géologues le soin de déchiffrer ces énigmes et prenons la Terre au moment où l'élément liquide peut s'y déposer. Dès cette époque, notre climatologie devient tributaire des fluctuations du Soleil.

Sans doute, pendant de longs millénaires, la chaleur interne du globe fusera à travers l'écorce et c'est la meilleure explication de ce fait qu'aux temps secondaires une flore analogue à celle de nos régions tropicales avait pu envahir les pôles de la Terre ; mais, dès la fin du Jurassique, le jeu des saisons se fait sentir ; les courants aériens enlèvent à l'océan de larges masses liquides qu'ils vont répartir sur les surfaces continentales. Est-ce à dire que l'évolution planétaire va se continuer lentement et sans soubresauts ? Pas du tout.

Après de longs assoupissements, la volcanicité reprendra ses droits et les phénomènes de radioactivité, toujours à l'œuvre pour désintégrer les matériaux internes, amèneront de nouvelles poussées des gaz enfermés sous pression. Rompant les parois de leur prison trop étroite, ils bouleverseront les assises en apparence les plus stables et remanieront périodiquement la face de la Terre.

C'est ainsi que nous voyons l'activité interne, endormie en Europe pendant presque toute la durée des temps secondaires, se réveiller soudain et donner lieu sur toute la surface terrestre à des manifestations d'une ampleur extraordinaire (1).

Une série de plis gigantesques se dressent alors depuis l'Espagne jusqu'aux Indes Orientales contre le bord de

(1) Cf. Th. Moreux, *Les Tremblements de terre.* Chap. XIII (Jouve, éd. Paris, 1909).

l'ancien continent septentrional : ce sont les Pyrénées, les Apennins, les Alpes et le puissant massif de l'Himalaya. Les volcans se rallument et, au climat tempéré dont jouissaient même les régions polaires, nous voyons succéder une période glaciaire toujours consécutive aux émissions gazeuses vomies par les bouches éruptives.

Ces cataclysmes survenant après de longs repos sont la règle générale dans l'histoire de la Terre ; il y a un demi-siècle seulement, les géologues ne les admettaient pas et leur esprit répugnait aux théories dites catastrophiques. Et, cependant, ces bouleversements soudains, ces véritables révolutions du globe peuvent seuls nous livrer la clef d'énigmes réputées jusque là insolubles : telles la présence de nombreuses périodes glaciaires à toutes les époques géologiques, la disparition subite d'espèces singulièrement armées dans la lutte pour la vie, la suppression des premiers organismes dont toute trace a été anéantie par l'envahissement de la *pyrosphère* (1), cette partie intérieure de l'écorce où les substances ne peuvent exister qu'à l'état de fusion et qui, périodiquement, furent chassées vers l'extérieur.

Ces manifestations de la chaleur interne, qui n'atteste aujourd'hui sa présence que par de rares bouches volcaniques disséminées au pourtour des cassures de la croûte terrestre, sont-elles terminées ou bien reviendront-elles avec leur ampleur d'autrefois au cours des siècles futurs ? Nul ne saurait le dire.

Quoi qu'il en soit, après de longues périodes qu'aucun géologue ne saurait évaluer, le froid de l'espace aura finalement raison des énergies calorifiques ; peu à peu, l'écorce solide gagnera en profondeur ; la mince couche liquide formant les océans se décomposera, absorbée par les rochers ou les substances métalliques internes, et pour

(1) Cf. P. Termier, *Les grandes Énigmes de la Géologie*, dans Rev. des Quest. scient., janvier 1920.

un spectateur situé à quelques millions de kilomètres dans l'espace, la Terre apparaîtra sous la forme du globe de Mars vu de notre actuel séjour.

A l'inverse de la planète Vénus qui semble dans le ciel une réplique de la Terre, et qui paraît en être au même point de son évolution, Mars, en effet, dont le globe est six fois et demi plus petit que le nôtre, a dû vieillir beaucoup plus vite. Aussi quelle différence d'aspect !

De la planète Vénus nous n'apercevons rien qu'une épaisse couche nuageuse où le spectroscope décèle la vapeur d'eau, et ceci ne saurait nous étonner quand on songe à sa proximité du Soleil qui entretient à sa surface une abondante évaporation. Mars, au contraire, nous laisse deviner tous les traits de sa topographie à peine voilée par une légère enveloppe aérienne.

Sur son disque tournant sous nos yeux en 24 heures et 37 minutes, nous distinguons nettement le jeu des saisons. Comme chez nous, la planète incline alternativement ses deux pôles vers le Soleil ; l'hiver martien voit s'y développer des calottes glaciaires, dont la fusion s'active généralement au cours de l'été suivant. Nul doute que nous nous trouvions en présence de neiges analogues aux nôtres ; mais la fusion totale des calottes polaires, même pendant un été deux fois plus long que sur la Terre, nous prouve à l'évidence que la glaciation y est moins abondante. C'est que là-bas, en raison d'une atmosphère raréfiée où la pression atteint à peine le douzième de la nôtre à l'altitude du sol, de grandes masses d'eau ne sauraient subsister à l'état liquide. Nous ne sommes plus dupes de la signification des mots *mers* et *canaux* par lesquels nos prédécesseurs avaient désigné les larges taches sombres couvrant çà et là le disque martien.

Même dans les instruments de modeste puissance, comme celui qui sert à mes observations, les *mers* apparaissent sous la forme d'une marqueterie aux aspects incessamment changeants, et leur variation de chaleur est

nettement saisonnière : vert au printemps, le fond des taches se mue insensiblement vers les tons de feuilles mortes à mesure que l'automne les envahit. Il en est de même pour les *canaux* constitués par des séries de taches plus faibles, alignées suivant un réseau, complexe sans doute, mais qui n'offre vraiment aucun caractère artificiel, comme le prétendait Lowell, le célèbre astronome américain (1).

Dès lors, en quoi consiste donc cette fameuse « Énigme martienne » dont on nous a tant parlé ? Je puis la résumer en quelques mots.

La loi de Stéfan, à laquelle il est légitime de faire subir quelques corrections que j'ai indiquées dès 1905, montre que la température de Mars, en moyenne, doit être de 37 degrés environ au-dessous de zéro. Dans ces conditions, comment pourrons-nous concilier nos observations : fonte des neiges polaires, variations saisonnières dues à la végétation probablement, avec nos calculs théoriques ? En un mot, comment expliquer que la planète Mars semble jouir d'un climat auquel ne lui donne pas droit sa grande distance du Soleil ? Toute la question est là.

Pour la résoudre, j'ai commencé à faire observer qu'il s'agit de température moyenne, qu'il faut tenir compte de la chaleur reçue par le sol et de celle de l'air ; que, sur Mars, les pôles boréal et austral restent inclinés vers le Soleil pendant une période deux fois plus longue que chez nous, puisque l'année martienne atteint le double de la nôtre, l'inclinaison de l'axe de rotation étant à peu près la même pour les deux planètes. Or, par analogie avec ce qui se passe sur la Terre dans les régions polaires où l'écart de température entre le sol et l'air ambiant atteint parfois 42 degrés centigrades, il est aisé de voir que la surface martienne peut rester bien au-dessus du point de congé-

(1) Cf. Th. Moreux, *Les autres mondes sont-ils habités?* et Rev. Gén. des Sciences, art. du 30 nov. 1906 et du 30 janv. 1909.

lation de la glace dans toutes les régions, au cours de la belle saison (1).

Ainsi disparaît cette opposition entre le calcul et l'observation, et tout s'explique le plus naturellement. Sans doute, un animal à constitution élevée ne saurait vivre sur Mars ; cependant, à la surface de son sol, les plantes poussant au sein d'une atmosphère même raréfiée, mais saturée d'humidité, et analogues à nos mousses, à nos lichens, ou encore à l'alfa de nos déserts sahariens, pourraient fort bien végéter.

Un détail enfin et qui montre jusqu'à quel point peut subsister l'analogie entre la climatologie terrestre et celle de ce monde qu'anesthésie lentement le froid des espaces : alors qu'en 1914 je démontrais pour la première fois que les fluctuations solaires ont une répercussion sur le nombre des icebergs en dérive dans l'Atlantique, donc sur la fusion de nos glaces polaires (2), mon ami Antoniadi, deux années plus tard et sans avoir aucune connaissance de mes travaux à ce sujet, arrivait à une conclusion analogue en ce qui concerne la disparition graduelle des calottes neigeuses aux pôles de la planète Mars (3).

Ainsi se confirme cet axiome des vieux philosophes que « les mêmes causes produisent les mêmes effets » ; les lois de la nature sont générales dans toute l'étendue de l'Univers et nous n'avons pas le droit, sans sortir des limites de la science rationnelle, de les imaginer différentes dans les diverses parties de la création.

Gardons-nous toutefois de croire que tous les mondes soient calqués sur le même modèle. Bien que les lois de la mécanique soient les mêmes dans l'ensemble du Cosmos, elles conservent leur caractère de lois-limites, c'est-à-dire qu'elles sont toujours fonction de l'espace et du temps,

(1) Cf. Th. Moreux, *Les Énigmes de la Science*, pp. 83 à 135 (G. Doin, éd. Paris, 1921).

(2) Cf. Petit Journal, 9 mai 1914 et passim Revue du Ciel

(3) V. Revue du Ciel, déc. 1916.

et c'est la tâche du véritable savant de rechercher soigneusement les conditions qui peuvent les faire varier, parfois même les masquer ou les annihiler en apparence.

Un astre très voisin de nous et le mieux connu des astronomes va nous offrir immédiatement l'occasion d'appliquer ces principes.

Il s'agit, vous l'avez deviné, de notre satellite, que nos puissants instruments nous permettent de disséquer dans les moindres détails. A contempler sa surface, plus d'un géologue puiserait peut-être des enseignements précieux, relatifs à la connaissance de notre sphéroïde ; mais, par contre, tous seraient non moins étonnés de constater les énormes dissemblances de l'orographie terrestre et lunaire. Pourquoi ces visages si totalement différents ? Dans la grande nébuleuse originelle, les deux astres n'ont-ils pas été formés des mêmes matériaux accumulés en une même région ?

Oui, sans doute, mais il peut se faire que, de chaque côté, le mode de formation ait varié et c'est ce que nous examinerons.

En attendant, notons avec soin les caractéristiques du relief lunaire. Quelques soirées, l'œil au téléscope, et nous aurons tôt fait de constater l'absence à peu près complète sur la Lune de grandes chaînes de montagnes analogues aux nôtres. Les pics isolés sont très nombreux et proportionnellement beaucoup plus élevés que chez nous ; cette dernière particularité s'explique fort bien par la faiblesse de la pesanteur qui, là-bas, atteint à peine le sixième de ce qu'elle est sur la Terre ; ajoutez à cela l'absence de toute dynamique externe, donc ni vents, ni pluies, ni érosions, par suite du manque d'atmosphère, et vous comprendrez que le monde lunaire, depuis les dernières convulsions de l'écorce, a dû garder sa fixité dans le silence et la mort.

Ces soubresauts de l'activité interne ont dû être nombreux et fréquents, à en juger par l'aspect cratériforme

de notre satellite, aspect qui nous permet jusqu'à un certain point de retracer son histoire passée.

Oh ! je n'ignore pas que sur ce dernier point l'unanimité est loin d'être faite ; raison de plus pour que chacun de nous ait quelque droit de raconter à sa manière les fastes qui marquèrent le règne de la blonde Phœbé. Au surplus, je n'imaginerai rien en dehors des combats dont sa face a gardé les cicatrices.

Ce qui nous frappe surtout en regardant un cliché de la pleine Lune, ce sont les larges plaines sombres. Trompés par l'insuffisance de leurs moyens optiques, nos prédécesseurs avaient décoré ces surfaces du nom de *mers ;* plaines basses plutôt, dont l'eau fut peut-être toujours absente. Certaines d'entre elles comme l'Océan des Tempêtes sont comparables, toutes proportions gardées, à nos plus vastes fosses abyssales et il faut admettre, pour les expliquer, la théorie des *effondrements* si bien prouvée par nos recherches géologiques terrestres (1).

Nous savons en effet que, même dans les âges récents, des compartiments entiers de notre écorce se sont affaissés, donnant naissance à de larges mers comme l'Océan Atlantique ou mieux la grande fosse du Pacifique; mais, de la cause de semblables phénomènes, nous ne savons rien. Tout au plus, pourrait-on recourir à l'hypothèse un peu risquée du tétraèdre de Green (2) : en diminuant de volume, les planètes se dégonflent et tendent vers la forme pyramidale. Cette apparence, qui ne s'est manifestée sur la Terre que fort tard, a dû survenir dès le début de la formation de notre satellite. Sous l'effet de la contraction née du refroidissement rapide (en raison de son faible volume), la Lune a vu ses matériaux refluer en des régions privilégiées qui se sont ainsi exhaussées. Mais à partir de ce moment, la formation des deux globes

(1) Cf. Art. de Termier j. cit.
(2) Cf. Th. Moreux, *Les Tremblements de Terre*, ch. VII.

va différer du tout au tout et vous allez en comprendre les raisons.

Tout d'abord, remarquez que la Terre est un astre près de 50 fois plus gros que la Lune ; la marche de refroidissement et d'épaississement de l'écorce a donc été plus lente chez nous ; il s'en est suivi qu'à chaque instant la croûte solide a dû s'appuyer, dans le cas de la Terre, sur un noyau qui se contractait en se refroidissant et qui perdait aussi de sa substance par les éruptions, d'où les plissements qui ont formé les montagnes.

Le même raisonnement pourrait peut-être, à la rigueur, se soutenir pour la Lune ; mais ici une nouvelle cause intervient. Notre satellite n'a pu que se former lentement, ses matériaux étant tiraillés à la fois par la Terre et le Soleil et je n'en veux pour preuve que sa faible densité.

Dès lors, au lieu de plissements et de rides, nous allons voir se produire tout le contraire. Dans le cas d'une formation lente, en effet, les substances qui venaient s'ajouter au noyau déjà formé ont opéré leur condensation d'une façon plus régulière ; la contraction avait donc le temps de s'effectuer au fur et à mesure de cette condensation. Les derniers amas, ceux de la couche superficielle, se sont donc réunis à un noyau qui devait fort peu se contracter dans la suite ; cette couche est donc vite devenue trop petite pour envelopper ce même noyau, d'où naissance non de plis, mais de fracture dans l'écorce.

Cette théorie n'est pas nouvelle ; je l'ai proposée pour la première fois en 1898, dans un Mémoire publié par la *British Astronomical Association* à propos de la planète Mars (1), à laquelle elle s'applique aussi nettement. Or, circonstance remarquable, l'hypothèse se vérifie admirablement sur notre satellite. Tous ceux qui ont étudié la Lune savent que le détail le plus caractéristique de

(1) V. à ce sujet : *Vues nouvelles sur la planète Mars*, par Th. Moreux, dans Rev. des Quest. scientif., juillet 1898.

son orographie consiste en de longs rayonnements partant de certains cirques, tels que Tycho, Aristarque et Copernic ; beaucoup d'entre eux affectent la forme d'arcs de grand cercle et se continuent sur de longs parcours, atteignant parfois plus de 2500 kilomètres ; le plus curieux c'est qu'ils ne semblent guère se préoccuper des accidents de terrain ; on les suit avec la même intensité, la même coloration claire, aussi bien sur les sommets que sur les flancs des remparts et des arènes intérieures, et généralement ils vont deux par deux, dans un parallélisme parfait.

Voilà les premiers linéaments de l'orographie lunaire et, à la suite de Nasmyth et de Daubrée, j'ai pu parvenir à les reproduire artificiellement ; et, qui mieux est, j'en ai donné la raison ; d'autre part, j'ai montré que le réseau polygonal sous-jacent à toutes les formations postérieures et que laissent entrevoir les clichés de l'Atlas photographique lunaire obtenus à l'Observatoire de Paris, que ce fameux réseau trouve la raison de son existence dans des causes analogues. En d'autres termes, les cassures se sont opérées sur une échelle qui diminuait avec le temps et à mesure que s'épaississait l'écorce (1).

Dès lors il était naturel, conformément à la théorie des soubresauts volcaniques dont j'ai esquissé le mécanisme, que ces cassures fussent un jour ou l'autre injectées par le magma intérieur sous forme d'épanchements métalliques, que ces cassures enfin fussent les régions privilégiées où vinrent peu à peu s'installer les cratères, conformément à ce qui se passe sur notre globe, c'est-à-dire dans les endroits de moindre résistance.

Ne nous méprenons pas cependant sur la signification du mot *cratère ;* ces larges excavations, sur la Lune, n'ont à peu près rien de commun avec nos bouches volcaniques ; le nom de *cirques* leur convient beaucoup mieux, car

(1) Cf. même article, j. cit.

certaines de ces formations atteignent plus de 240 kilom. en diamètre.

Inutile de dire qu'on a beaucoup discuté sur l'origine de ces objets dont la surface lunaire est littéralement recouverte. Ici encore, mes théories sont à même de tout expliquer. Après un long repos, les forces internes se sont réveillées et elles se sont ruées à l'assaut de la cuirasse qui les enveloppait. Cette fois, les endroits de moindre résistance furent le plancher des alvéoles dont elles avaient déjà injecté le pourtour. Sous la pression croissante venue de l'intérieur, ce plancher se courba en forme de dôme, finit par éclater en son milieu, puis s'affaissa après les coulées des laves métalliques, donnant lieu à la présence d'un piton intérieur (1). Et la preuve que tout s'est bien passé de cette façon, c'est que dans la plupart des cas les épanchements ont débordé sur les flancs extérieurs des remparts ; parfois aussi les laves n'ont pas dépassé le haut des crêtes et se sont solidifiées dans l'arène, formant, comme au cirque de Wargentin, un large plateau uni, parfaitement circulaire.

Et ce même mécanisme s'est reproduit à toutes les époques de l'histoire de la Lune ; mais, avec le temps, il a diminué en intensité. Telle est la meilleure explication que nous puissions donner de la disposition en vertu de laquelle les petits cirques se sont installés sur les plus grands qu'ils ont presque toujours disloqués.

J'ai déjà fait remarquer que cette théorie de la formation lunaire pouvait fort bien s'appliquer à la planète Mars (2). C'est ici le lieu de compléter ma pensée. En fait, Mars est un monde relativement petit par rapport à nous, sa densité égale à peu près celle de la Lune et la raison doit en être cherchée dans le voisinage de Jupiter. Par sa puissante attraction, non seulement le monde

(1) Cf. Th. Moreux, *L'Étude de la Lune et un jour sur la Lune*, p. 75.
(2) V. Rev. des Quest. scient., juillet 1898. Art. j. cit.

jovien a privé Mars d'une partie de ses matériaux, mais il a encore ralenti la condensation de ceux qui lui étaient destinés. Mars s'est donc formé lentement à l'instar de la Lune. Comme l'écorce de cette dernière, son sol a dû se fendiller et, soit que la volcanicité n'ait pas atteint l'ampleur des forces qui ont façonné le relief de notre satellite, soit que l'érosion ait adouci les pentes des cassures, ces dernières ont subsisté, donnant lieu à cet enchevêtrement de canaux fins aperçus par différents observateurs.

Ceci admis, il ne serait pas étonnant que la végétation se soit conservée au fond de ces drainages naturels. Malheureusement, la grande distance de Mars rend bien difficile la vérification de nos hypothèses touchant la nature des linéaments de la planète. Toute conjecture même sur la valeur de son relief nous demeure interdite, en raison de l'absence presque complète de phases qui pourraient mettre en évidence l'existence de hauts massifs montagneux.

Il est regrettable que Mercure, toujours perdu dans les feux du Soleil, soit si difficile à observer ; il nous fournirait peut-être un nouvel exemple d'un type évolué. De dimensions peu supérieures à celles de la Lune, Mercure m'a paru privé d'atmosphère, aux occasions assez rares où j'ai pu m'en rendre compte (1). La densité de la planète presque égale à la nôtre ne nous autorise pas cependant à voir en elle une réplique de notre satellite. Attendons des observations plus complètes pour nous prononcer.

Si, arrivés au terme de notre voyage interplanétaire, nous faisons le bilan de nos acquisitions, nous serons contraints de constater avec une certaine mélancolie que les problèmes posés sont loin d'être tous résolus.

D'une façon générale, nous voyons que les atmosphères

(1) C. R. 1907 (18 nov.).

des planètes diminuent à mesure que ces astres vieillissent, mais nous ne saurions en donner une raison péremptoire. Il se trouve en effet que les corps les plus évolués sont les plus petits et ce sont précisément ceux-là qui sont privés en tout ou en partie de leur enveloppe aérienne.

Est-ce un effet de l'évolution ou bien, suivant le Dr Stoney, la cause doit-elle en être recherchée dans l'insuffisance des faibles masses à retenir les gaz sous forme d'atmosphère ? La dernière hypothèse paraît assez futile et j'ai eu l'occasion maintes fois d'en montrer toute l'inanité (1).

Reste aussi la question, angoissante pour l'humanité, de l'avenir de la Terre. Si, conformément aux théories que je viens d'exposer, les planètes subissent, même après la formation d'une écorce solide, des bouleversements périodiques provenant de l'activité interne, qui peut nous assurer que celle-ci ne va pas un jour se réveiller soudain et remanier nos continents ? Ne voyons-nous pas à chaque instant des bouches éruptives se former là où de mémoire d'homme rien n'avait décelé l'instabilité du sol ? Et qu'est-ce que la durée des générations humaines comparée à la vie astrale d'une planète ?

Que de catastrophes, que de changements depuis les quelques centaines de millions d'années qui marquent au cadran du temps la naissance de la Terre !

Tout nous porte à croire que les paroxysmes de la volcanicité, liés à tout un ensemble de réactions intra-atomiques internes, espacent les intervalles de temps qui les séparent ; soit, mais ce n'est là qu'une indication tout à fait imprécise et nous n'avons aucune idée de l'heure où surviendra le prochain soubresaut.

L'histoire de la Terre racontée par les stratifications qu'étudie le géologue est là pour nous dire qu'après chacune de ces révolutions, la face de notre globe était

(1) V. Th. Moreux. *Les Énigmes de la Science*, pp. 150 et suiv.

à peu près méconnaissable ; continents engloutis, disparition presque totale d'espèces dont nous voyons à peine les traces, déluges partiels d'une violence inouïe, tels furent à de nombreuses reprises les résultats de ces catastrophes dont l'existence répugnait tant à nos prédécesseurs immédiats (1).

Dès lors, l'astronome a le droit de se demander, en regardant notre satellite, si nous n'avons pas devant les yeux l'image terrible de ce que sera la Terre après que les dernières convulsions auront secoué son écorce et que les laves bouillonnantes brisant leur prison auront détruit à sa surface jusqu'aux dernières traces de la vie.

Abbé Th. Moreux,
Directeur de l'Observatoire de Bourges.

(1) Cf. Art. de P. Termier dans Rev. des Quest. Scientif. j. cit.

Psychique de la bête

CHENILLES ET PAPILLONS

Dans l'étude de la psychique de l'animal, il est évident qu'il ne faut pas apporter un certain fanatisme de la « méthode expérimentale » : mais il n'est pas moins manifeste que cette méthode y sera d'une importance incontestable. Observer les phénomènes de la vie chez l'animal, expérimenter sur ces phénomènes, progressant d'expériences en expériences, c'est nécessaire pour en déduire les conséquences que comportent ces expériences, une fois groupées en quantité suffisante, et les expliquer ou par une hypothèse ou par une loi : — « Ne rejetez aucun fait prouvé, car tous les faits sont une partie de l'enseignement donné par Dieu aux hommes ; ayez toujours devant les yeux la distance qu'il y a entre le fait et la théorie (1). Je suis presque tenté de dire que les faits sont divins et les théories humaines. Attachez-vous donc aux faits... Vous pouvez les éprouver autant que vous voudrez ; vous pouvez souvent vous demander — c'est peut-être même votre devoir de demander — quelle est leur véritable signification. Ils peuvent parfois sembler se contredire les uns les autres, que ce soient des faits de la nature ou de l'histoire, ou des faits de la foi et de la raison. En pareil cas soyez patients, soyez sûrs qu'il ne peut y avoir de contradiction réelle... »

(1) Le mot « théorie » voulant dire, ici, une opinion spéculative qui n'est pas ou pas assez fondée sur l'expérience, et dont Claude Bernard disait qu'elle s'effondre à l'encontre du fait.

Ainsi s'exprimait naguère un homme éminent, esprit supérieur qui exerça autour de lui une grande autorité, le marquis Lord Ripon, parlant à un auditoire de choix dans une grande ville d'Angleterre. Et voilà certes un judicieux commentaire du « *Facts are stubborn things* » des Anglais... — « *Mille théories ne valent pas un fait* », en est une traduction française donnée par un autre homme éminent, savant modeste, dont les études et les travaux dans le domaine de l'histoire naturelle n'ont pas peu contribué sans doute aux éloges que les Souverains Pontifes Léon XIII, Pie X et Benoît XV ont daigné adresser à leurs « Chers fils » les membres de la Société scientifique de Bruxelles, cette « illustre association » où « des hommes distingués par la science et la piété, attachés de cœur aux doctrines et aux enseignements de l'Église, s'appliquent à démontrer qu'il ne peut jamais exister de désaccord réel entre la foi et la raison » (1).

Il était bien des nôtres, en effet, cet homme simple et bon, ce scrutateur sagace et ingénieux des mœurs des insectes que Darwin appelait l' « observateur inimitable », le narrateur exquis et le poète enthousiaste en qui Victor Hugo saluait un confrère ; vous avez reconnu à ces traits l'ermite et le patriarche de Sérignan, Fabre, qui s'est éteint, à l'âge de 92 ans, auréolé des rayons d'une gloire qu'il n'avait pas cherchée et dont il ne fut pas ébloui... Il devra surtout sa célébrité à la méthode d'observation qu'il a créée et qui fait l'honneur du génie français (2).

Cette méthode d'observation, J.-H. Fabre l'a indiquée dans ses humbles et admirables *Souvenirs entomologiques* (3) : — « Observer, c'est déjà quelque chose, mais

(1) Cfr. Lettres de LL. SS. les Papes Léon XIII (15 janvier 1879 et 20 mars 1901), Pie X (5 mai 1904) et Benoît XV (26 juin 1920) au Président et aux membres de la Société scientifique de Bruxelles. Dans ANNALES de la Société.

(2) Discours du Professeur A. Witz. — Cfr. ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES (1er fascicule, 1919-1920).

(3) Cfr. *Souvenirs entomologiques* (4e série), ch. III.

ce n'est pas assez ; il faut expérimenter... L'observation seule peut être souvent un leurre ; nous traduisons les données d'après les exigences de nos systèmes. Pour en faire émerger le vrai, doit nécessairement intervenir l'expérimentation ».

A cette expérimentation le sage autant que sagace scrutateur n'apportait pas seulement tous ses soins consciencieux, mais encore il la provoquait chez les autres observateurs des insectes, afin qu'elle pût être contrôlée par des expériences parallèles. — « Pour étudier avec quelque fruit les facultés psychiques de la bête, il faut varier autant que possible les observations et expériences, en faire naître d'autres encore et les soumettre à un contrôle mutuel ».

C'est ainsi qu'après m'avoir ouvert la voie pour mes premiers travaux sur la psychique de l'Araignée (1), J.-H. Fabre m'engagea à faire des observations et à instituer des expériences, à Madagascar, sur les insectes similaires à ceux qui avaient servi à ses observations et expériences, en France. Les charges de mon ministère dans la brousse de la grande île africaine, à cette époque, ne me permirent pas de répondre aux desiderata de J.-H. Fabre. Aujourd'hui, les infirmités de la vieillesse, après plus de quarante années de mission, me donnant des loisirs, j'ai pu faire quelques observations et expériences sur des insectes de Madagascar qui m'ont paru parents de ceux qui furent, en France, les sujets d'études de mon regretté maître. Un premier résumé de quelques-unes de ces observations et expériences sur des chenilles et papillons, de lépidoptères séricigènes spécialement, pourra peut-être offrir quelque intérêt aux lecteurs de la Revue des Questions scientifiques.

« Moulins à soie, allons un peu voir vos turbines. »

(1) Cfr. Revue des Questions scientifiques, octobre 1894.

I

Tout le monde connaît le « ver à soie » du mûrier, ainsi désigné communément, bien qu'il n'ait guère du ver que le nom. C'est en effet une chenille ou larve d'un papillon, Lépidoptère de la famille des Bombycides, *Bombyx* ou *Sericaria mori* des entomologistes ; insecte qui est originaire d'Asie, mais répandu aujourd'hui un peu partout.

A cette chenille, assez peu élégante pourtant, du Bombyx du mûrier, nous devons la matière précieuse, souple et brillante qui sert à tisser nos plus belles étoffes de parure et d'ornement, la soie, fil ténu dont est formée la coque ou cocon, domicile de l'insecte à l'état de nymphe ou Chrysalide. Dans cette demeure aux multiples verrous, aux murs cimentés de « grès » avec épais revêtement intérieur, l'insecte dans un sommeil apparent, cependant bien actif, prépare sa dernière métamorphose ou transformation en papillon.

Le moment venu, quel sera l'instrument puissant qui permettra à cet être si faible de rompre les obstacles pour se frayer une issue ?... L'Auteur de la Nature y a pourvu... Est-ce, comme l'avaient pensé Réaumur et d'autres naturalistes, une lime mordante que constitueraient les multiples facettes en relief des yeux de ce Lépidoptère ? Non. Le papillon nouveau-né possède dans son estomac un dissolvant qui, dégorgé contre la paroi du cocon, à l'avant, y dissout le ciment de gomme agglutinante ou « grès » et permet à l'insecte de s'ouvrir une issue vers le dehors par des poussées de la tête.

J.-H. Fabre nous a dit (1) ses expériences au sujet de cette délivrance ou évasion du Bombyx du mûrier : — « A la faveur de son réactif, le reclus peut victorieusement

(1) J.-H. Fabre. *Loc. cit.*

attaquer sa prison de soie, par le bout d'avant, par le bout d'arrière, par le flanc, comme je le constate en retournant la chrysalide dans la coque fendue d'un coup de ciseau, puis recousue. Quel que soit le point à forer pour la sortie, point que mon intervention fait varier à ma guise, le liquide dégorgé imbibe et ramollit promptement la paroi ; alors le captif, s'escrimant des pattes antérieures et poussant du front dans le fouillis des fils désagrégés, s'ouvre un passage avec la même facilité que dans la libération naturelle. »

Le Bombyx du mûrier s'est acquis droit de cité dans la grande île africaine de Madagascar, où il a été introduit depuis assez longtemps déjà. J'opère, de la même manière que J. H. Fabre, sur des cocons de ce Bombyx que j'ai choisis parmi les mieux conditionnés de la Magnanerie Grandjean d' Androibe près Tananarive.

Le papillon nouveau-né se comporte, à Madagascar, tout comme son congénère en France. Non seulement il dégorge son dissolvant pour ramollir la paroi de la coque soyeuse et se frayer une issue par l'un ou l'autre des bouts, d'avant ou d'arrière indistinctement, selon la position où j'ai placé la chrysalide ; mais encore il agit de même, si je pratique une brèche à l'un des bouts et aveugle cette brèche avec des matériaux différents.

Le fait constaté, je poursuis l'expérimentation, faisant naître d'autres circonstances. Je fends le cocon du Bombyx, soit dans sa longueur, de bout avant à bout arrière, soit dans son milieu, soit à l'une des extrémités : mais, cette fois, sans le recoudre pour le fermer à nouveau, comme je l'avais fait dans mes premières expériences, laissant ainsi au papillon une large ouverture béante, bien suffisante pour son évasion...

L'insecte ne sait pas en profiter et agit de même façon que dans sa libération naturelle ; comme si rien n'était survenu de par mon intervention, il emploie son « *procédé savant* » pour... « *enfoncer une porte ouverte* » !

La grande île africaine a aussi ses « vers à soie » indigènes. Le fil qu'ils sécrètent, s'il ne sert pas, comme celui du Bombyx du mûrier, à tisser des étoffes précieuses pour la parure des vivants, possède pourtant des qualités qui, pour être moins brillantes, sont néanmoins très appréciées des Malgaches pour la parure... des morts !

Le plus répandu de ces insectes Lépidoptères sérici-gènes ou « vers à soie » est le « LANDIBE » (1). La chenille qui vit en plein air sur des végétaux divers, construit une demeure ou cocon, un peu de la même manière que la larve du Bombyx du mûrier ; mais la larve du « Landibe » porte carquois abondamment garni de dards aigus, et flanque sa coque de leurs piquants qui forment comme une palissade barbelée, dressée pour protéger davantage encore la Nymphe contre les ennemis du dehors.

Les Malgaches apprêtent le cocon du « Landibe », après en avoir ôté les piquants, de façon à pouvoir en filer au fuseau la soie grise et extrêmement nerveuse qui leur servira à tisser le « LAMBAMENA », étoffe renommée pour son inaltérabilité, et qui, teinte en rouge, est le suaire ou linceul dont sont enveloppés, un peu à la manière des Grecs et des Égyptiens de jadis, les cadavres des hovas, pour être couchés sur les dalles de pierre des tombeaux du pauvre ou des caveaux du riche. C'était au nombre et à la dimension des « *Lambamena* » que l'on emporterait dans la tombe qu'était évaluée naguère et peut-être un peu encore aujourd'hui, la fortune d'une famille « Hova » ou « Merina ». Ce nombre dépassait parfois la

(1) Le mot malgache *Landibe* qui peut se traduire en français par l'expression « Grande soie », s'appliquerait plutôt, comme on l'a fait remarquer, aux grandes poches soyeuses produites par les chenilles grégaires telles que celles du *Bombyx Radama ;* mais l'usage a prévalu sur l'étymologie et le terme *Landibe* est aujourd'hui universellement admis pour désigner le Lépidoptère *Borocera Madagascariensis* Bdv. et ses variétés *Cazani* Vins. et *Bibindandy* Camb., etc. Cfr. RAPPORTS DU LABORATOIRE D'ÉTUDES DE LA SOIE, XIII (6e fascicule), Lyon.

centaine, pour les grands et riches personnages. — Le bébé hova, dès sa naissance, était parfois revêtu ou enveloppé du « *Lambamena* ». Était-ce pour symboliser la réalité de ce que, du moment où nous naissons à la vie de ce monde, nous commençons à mourir ? — Ce qui est certain, c'est que le Malgache vient au monde là où il doit le quitter, à l'heure de la mort ; au « ZORO », le coin de la case,

« où tous les siens sont nés aussi bien qu'ils sont morts ».

Il est, en effet, une place marquée près des foyers malgaches, où la femme qui va devenir mère vient se coucher sur la natte, la face tournée vers l'Orient ; comme si elle entendait associer ainsi le sort du nouveau-né à l'ascension comme au déclin de l'Astre du jour. Et c'est à cette même place que le Hova, souvent après de multiples voyages et mille traverses, viendra, à la fin de sa vie, rendre son âme à Dieu...

Psychique... humaine, dira-t-on... Revenons à l'insecte... Psychique de la bête aussi ; peut-être même antérieurement à la psychique de l'homme. L'insecte ailé ne revient-il pas souvent, lui aussi, mourir là où il est né ?

« L'évolution individuelle de l'insecte se présente à nous comme un rythme vital qui relie les deux termes opposés de l'existence et ramène l'adulte qui va périr aux milieux mêmes où il a vu le jour » (1).

Sans insister davantage, et quoi qu'il en soit de ce rythme vital, de cette « *isotropie ... animée*, observée chez l'insecte comme chez l'homme, *fermons la parenthèse* et voyons comment va se comporter le « Landibe » dans des circonstances analogues à celles que mon intervention a fait naître pour l'étude du Bombyx du mûrier.

— Un assez grand nombre de cocons du Lépidoptère sericigène malgache me sont fournis par des élèves de

(1) E.-L. Bouvier, *Habitudes et métamorphoses des insectes.*

l'École Normale de la Mission, située à Ambohipo près Tananarive. Ces cocons, encore adhérents à la plante nourricière de la chenille et renfermant des nymphes ou chrysalides bien vivantes, sont placés dans mes cages d'observations et d'études, où je pourrai ainsi soumettre le « Landibe » à des « *interrogatoires* » fréquents et variés.

A l'époque des éclosions de l'insecte à l'état parfait ou adulte, je constate que le papillon nouveau-né « Landibe », comme celui du Bombyx du mûrier, dégorge un dissolvant contre la paroi du cocon afin de s'y ouvrir une issue et cela, aussi bien par bout avant que par bout arrière, suivant la position où mon intervention a placé la chrysalide ; et de même que son congénère asiatique il... « *enfonce porte ouverte* » !...

Mais voici plus suggestif... Dans la demeure ou cocon du « Landibe » a pénétré, parasite de la larve ou chenille, un intrus qui va y vivre aux dépens de la nymphe ou chrysalide. — Au moment de l'éclosion, en place du papillon ou adulte « Landibe », ce sont des larves de mouche qui sortent, forant la coque par un procédé chimique semblable à celui qu'emploie le papillon. Les larves de mouche ont pratiqué, par ce procédé, une petite ouverture circulaire dans la paroi de leur prison... Et, elles aussi, bien que mon intervention ait ménagé une large fente dans la coque afin de faciliter la sortie,... « *enfonceront porte ouverte* » !... On sait bien comment les espèces ovipares de Diptères à larves entomophages parasitent les chenilles de Lépidoptères. Elles pondent leurs œufs soit sur les chenilles, soit sur les plantes nourricières de ces chenilles, qui, en broutant les avaleront ; et, dès lors, le parasite introduit dans la « *case* » y vivra aux dépens du « *propriétaire* ». Mais la raison, le comment ?... Comment, « *en l'espèce* » la larve de Diptère a-t-elle pris ou appris chez le Lépidoptère le savant procédé de celui-ci pour forer le mur de prison de la coque soyeuse cimentée ?

Diptère a son secret ; Papillon son mystère !

— Comment les petites mouches Limosines ont-elles appris à se faire voiturer par les Scarabées ? — Comment certains Diptères du genre Desmométope ont-ils appris à aller de compagnie avec les araignées floricoles pour profiter de leurs proies ? — C'est leur secret...

— Comment se fait-il que les chenilles de plusieurs Lépidoptères du genre Lycène, après avoir brouté quelque temps les organes de la plante hospitalière, se condamnent à un jeûne complet pour être emportées par des fourmis friandes du miellat de leurs papilles dorsales ; et, changeant alors de régime, achèvent leur développement dans la fourmilière où elles dévorent les jeunes larves ?

— Qui a enseigné aux larves de Piérides la manœuvre de leur treuil ou cabestan ? à l'abeille, sa mathématique savante ? — Où l' « Araignée maçon » a-t-elle appris la mécanique ou procédé par lequel il lui est possible de monter les matériaux de son nid ou retraite, et de relever et remonter ce nid ou retraite, quand quelque accident l'a fait tomber à terre, jusqu'à une hauteur équivalente à cinquante ou soixante fois celle de sa petite taille ; bien que le poids de ce nid pierreux soit environ cent fois supérieur à celui du corps de la bestiole ; à peu près comme si un homme de 1,80 m. de taille et du poids de 100 kilos soulevait à 100 mètres de hauteur plusieurs milliers de tonnes ?... Mystère ! ! !...

II

Le Bombyx du mûrier et le Borocera « Landibe » semblent bien d'accord pour dire qu'ils ne raisonnent pas et ignorent leur *procédé ;* de même que « l'estomac ignore sa chimie savante » (1).

Mais, dira-t-on peut-être, ces deux sericigènes sont des

(1) J.-H. Fabre. *Loc. cit.*

types par trop minables de la gent Lépidoptère... En voici un des plus beaux représentants : C'est le Grand-Paon, « *Saturnia pavonia major* » des entomologistes. — J.-H. Fabre voulut, dès lors, l'interroger ; et le savant naturaliste observateur des mœurs des insectes nous a laissé une très intéressante relation de son... « *interrogatoire* ». — « Qui ne connaît le superbe papillon qu'est le Grand-Paon, le plus gros de l'Europe, vêtu de velours marron et cravaté de fourrure blanche ?... Non moins remarquable est la chenille... Son robuste cocon brun se trouve habituellement appliqué contre l'écorce, à la base des vieux amandiers. Le feuillage du même arbre nourrit la chenille... » L'estomac du Grand-Paon est inhabile à la préparation du corrosif propre à ruiner en un point quelconque l'enceinte défensive du cocon, maintenant mur de prison. Si je renverse, en effet, la chrysalide dans son cocon, ouvert puis refermé par une couture, le papillon périt toujours, impuissant à se dégager. Le point à forcer changeant, la délivrance est rendue impossible. Pour sortir de cette coque, vrai coffre-fort, une méthode spéciale est donc nécessaire, sans rapport aucunave c la méthode chimique du Bombyx du mûrier. Disons, après tant d'autres, comment les choses se passent.

« Au bout antérieur du cocon, bout conique tandis que l'autre est arrondi, les fils ne sont pas agglutinés entre eux. Partout ailleurs la trame de soie est cimentée par un produit gommeux qui la transforme en un robuste parchemin impénétrable. Ces fils de l'avant, à peu près rectilignes, convergent, par leur extrémité libre et forment une série de palissades en cône, dont la base commune est le cercle où brusquement cesse l'emploi du ciment gommeux. On ne saurait mieux comparer cette disposition qu'à l'embouchure des nasses où le poisson aisément s'engage, en suivant l'entonnoir des baguettes d'osier, mais d'où l'imprudent ne peut plus sortir, parce que l'étroit

passage resserre sa palissade, au moindre effort pour la franchir.

» Une autre comparaison fort exacte nous est fournie par les souricières dont l'entrée se compose d'un faisceau de fils de fer groupés en cône tronqué. Attiré par l'appât, le rongeur pénètre en agrandissant, sous une faible poussée, l'orifice du piège ; mais quand il s'agit de s'en aller les fils de fer, si dociles d'abord, deviennent infranchissable barrière de hallebardes. Les deux engins permettent l'entrée et défendent la sortie. Disposons les palissades coniques en sens inverse, dirigeons-les de l'intérieur à l'extérieur, et leur rôle sera renversé : la sortie sera permise, et l'entrée défendue.

» Tel est le cas du cocon du Grand-Paon ; avec un degré de perfection à son avantage : son embouchure de nasse et de souricière est formée d'une nombreuse série de cônes emboîtés et de plus en plus surbaissés. Pour sortir, le papillon n'a qu'à pousser du front devant lui ; les diverses rangées de fils non agglutinés cèdent sans difficultés. Une fois le reclus libéré, les mêmes fils reprennent leur position, si bien qu'à l'extérieur rien ne dit que le cocon soit désert ou habité.

» Sortir aisément ne suffit pas : il faut, de plus, retraite inviolable pendant le travail de la métamorphose. Le logis, à porte libre pour la sortie, doit avoir la même porte close pour l'entrée, afin que nul malintentionné ne pénètre. Le mécanisme de l'embouchure de nasse remplit supérieurement cette condition aussi nécessaire au salut du Grand-Paon que la première. Entrer à travers les multiples enceintes des fils convergents, qui font obstacle plus efficace à mesure qu'on les presse, serait impraticable pour qui s'aviserait de vouloir violer le logis. Vainement je connais à fond les secrets de cette serrurerie qui sait, comme toute belle œuvre, associer la simplicité des moyens à l'importance des résultats : je suis toujours émerveillé lorsque, un cocon ouvert entre les doigts, j'essaye de

faire passer un crayon à travers l'embouchure. Poussé de l'intérieur à l'extérieur, aussitôt il passe ; poussé de l'extérieur à l'intérieur, il est invinciblement arrêté.

» Je m'attarde à ces détails pour montrer combien importe au Grand-Paon la bonne confection de sa palissade de fils. Mal ordonnée, enchevêtrée et par suite peu docile à la poussée, la série de cônes emboîtés opposera résistance insurmontable et le papillon périra victime de l'art incorrect de la chenille. Géométriquement construite, mais en rangées clairsemées, non assez nombreuses, elle laissera la retraite exposée aux dangers de l'extérieur, et la chrysalide deviendra pâture de quelque intrus comme il y en a tant, en quête de nymphes somnolentes, proie facile. C'est donc, pour la chenille, œuvre capitale que cette embouchure à double effet ; elle doit y dépenser tout ce qu'elle possède en clairvoyance, en lueurs rationnelles, en art modifiable quand les circonstances l'exigent ; elle doit enfin y faire preuve des meilleures ressources de son talent. Suivons-la dans son travail ; faisons intervenir l'épreuve expérimentale et nous en apprendrons de singulières sur son compte.

» Le cocon et son embouchure marchent de pair pour la construction. Quand elle a tapissé tel ou tel autre point de la paroi générale, la chenille se retourne, si besoin est, et de son fil non interrompu vient continuer la palissade à brins convergents. A cet effet, elle avance la tête jusqu'au fond de l'entonnoir ébauché, puis la retire en doublant le fil. De cette alternative d'avances et de reculs, résulte un circuit de filaments doublés non adhérents entre eux. La séance n'est pas longue : la palissade enrichie d'une rangée, la chenille reprend le travail de la coque, travail qu'elle abandonne encore pour s'occuper de l'entonnoir ; ainsi de suite à de nombreuses reprises, où tour à tour est suspendue l'émission du produit gommeux quand il faut laisser les fils libres, ou bien copieu-

sement faite quand il convient de les agglutiner pour obtenir un solide tissu.

L'entonnoir de sortie n'est pas, on le voit, ouvrage d'exécution continue ; la chenille y travaille par intermittence, à mesure que l'ensemble de la coque progresse. Du commencement à la fin de sa période de fileuse, tant que les réservoirs à soie ne sont pas épuisés, elle en multiplie les assises, sans négliger le reste du cocon. Ces assises se traduisent par des cônes emboîtés l'un dans l'autre et d'angle de plus en plus obtus, si bien que les derniers filés se surbaissent jusqu'à devenir presque des surfaces planes.

Si rien ne vient troubler l'ouvrière, le travail est conduit avec une perfection que ne désavouerait pas une industrie judicieuse se rendant compte du pourquoi des choses. La chenille jugerait-elle, si peu que ce soit, de l'importance de son œuvre, du rôle futur de ses palissades coniques superposées ? C'est ce que nous allons apprendre.

Avec mes ciseaux, j'enlève l'extrémité conique tandis que la fileuse est occupée à l'autre bout. Voilà le cocon largement ouvert. La chenille ne tarde pas à se retourner. Elle engage la tête dans la grande brèche que je viens de pratiquer ; elle paraît explorer l'extérieur et s'informer de l'accident survenu. Je m'attends à voir réparer le désastre et refaire le cône détruit par mes ciseaux. Elle y travaille quelque temps, en effet ; elle dresse une rangée de fils convergents ; puis sans autre souci du sinistre elle applique ailleurs sa filière et continue d'épaissir le cocon.

Des doutes graves me viennent : le cône édifié sur la brèche est à brins clairsemés ; il est, en outre, très surbaissé et bien différent en saillie de ce qu'était le cône primitif. Ce que je prenais d'abord pour œuvre de réparation est simplement œuvre de continuation. La chenille, mise à l'épreuve par mes malices, n'a pas modifié le cours de son travail : malgré l'imminence du péril, elle s'est

bornée à l'assise de fils qu'elle aurait emboîtée dans les précédentes sans mon coup de ciseaux.

» Quelque temps je laisse faire ; et quand l'embouchure a de nouveau pris consistance, je la tronque pour la seconde fois. Même défaut de clairvoyance de la part de la bête, qui remplace le cône absent par un cône d'angle encore plus obtus, c'est-à-dire continue l'habituelle besogne, sans aucun essai de restauration à fond, malgré l'extrême urgence. Si la provision de soie touchait à sa fin, je compatirais aux misères de l'éprouvée, qui de son mieux réparerait la case avec les rares matériaux encore disponibles ; mais je vois la chenille sottement prodiguer son produit en supplément de tapisserie pour une coque dont la solidité pourrait suffire et l'économiser avec lésinerie pour une clôture qui, négligée, livrera le logis et son habitant au premier larron venu. La soie ne manque pas : la filandière en met couche sur couche dans les points non ruinés; elle n'en utilise sur la brèche que la dose requise dans les habituelles conditions. Ce n'est pas économie imposée par le déficit ; c'est l'aveugle persévérance dans les usages. Alors ma commisération devient ébahissement devant une si profonde stupidité, qui s'applique au superflu de la tapisserie dans une demeure désormais inhabitable, au lieu de veiller, tandis qu'il en est temps encore, à la réparation de la masure.

» Pour la troisième fois, je répète ma section. Quand le moment est venu de reprendre la série de ses cônes emboîtés, la chenille hérisse la brèche de cils assemblés en disque, comme ils le sont dans les dernières assises du travail non troublé. A cette configuration, se reconnaît la fin prochaine de l'ouvrage. Quelque temps encore, le cocon est renforcé ; puis le repos se fait et la métamorphose commence dans une demeure à mesquine clôture, insuffisante pour tenir en respect le moindre envahisseur.

» En somme, inhabile à démêler ce qu'aura de périlleux

une palissade incomplète, la chenille, après chaque troncature du cocon, reprend son ouvrage au point où elle l'avait laissé avant l'accident. Au lieu de restaurer à fond l'embouchure ruinée, ce que lui permettrait la provision de soie fort abondante encore, au lieu de refaire sur la brèche un cône saillant à couches multiples qui remplacerait ce que mes ciseaux ont enlevé, elle y dresse des couches de cils graduellement surbaissées, suite et non reconstruction des couches absentes. Ce travail de clôture, d'impérieuse nécessité pour qui jugerait, ne paraît pas d'ailleurs préoccuper la chenille plus que d'habitude, car elle l'alterne à diverses reprises avec le travail du cocon, bien moins pressant. Tout se passe dans l'ordre réglementaire, comme si le grave accident de l'effraction n'était pas survenu. En un mot, la chenille ne recommence pas la chose faite, puis détruite ; elle la continue. Le début de l'ouvrage manque ; n'importe ! la suite vient sans modification dans les plans » (1).

Nous avons à Madagascar un Lépidoptère appartenant aussi à la famille des Saturnides : c'est l'*Antherina* ou *Saturnia Suraka* de Boisduval. Ses mœurs m'ont paru un peu semblables à celles du Grand-Paon.

La chenille du Saturnide « Suraka » est, comme la larve du Grand-Paon, grande et belle, portant robe élégante de brocart émeraude, lamée de rubis. Le papillon, plus beau encore, Vêtu de velours diapré à couleurs chatoyantes, il porte avec fierté

« Les deux antennes d'or qui tremblent à son casque ».

La larve du S. « Suraka » construit un robuste cocon réticulé, à *vestes* ou filets multiples. Ce cocon, comme celui du Grand-Paon, a son bout d'avant conique, tandis que le bout d'arrière est plus ou moins arrondi. Le bout conique de l'avant est aussi constitué de fils convergents

(1) J.-H. Fabre. *Loc. cit.*

par leur extrémité libre, formant palissades, non agglutinés entre eux ; tandis que partout ailleurs la trame de soie du cocon est comme cimentée par un produit gommeux. Le cocon du S. « Suraka » peut donc être comparé, lui aussi, à une nasse ou souricière, mais avec disposition inverse du cône défendant l'entrée et permettant la sortie. Pour la construction de ce cocon, domicile de la nymphe, la chenille du S. « Suraka » opère de façon semblable à celle du Grand-Paon.

Poulton fit remarquer, il y a déjà quelques années, que les cocons du Grand-Paon sont très foncés quand la chenille les tisse de nuit, sur les corps noirs, et de teinte claire quand le travail s'effectue au vif éclairage sur un fond blanc. J'ai fait une observation analogue au sujet des cocons de « Saturnia Suraka ». Les chenilles de ce Lépidoptère, quand vient le moment de la nymphose, vont à terre, pour tisser la coque protectrice à la base de la plante dont elles broutent les feuilles. Les cocons qu'elles y tissent sont de couleur sombre brunâtre ; tandis que, lorsque ces mêmes chenilles tissent leur coque dans la demi-obscurité de mes cages d'études et d'observations, cages qui sont faites de paille jaunâtre tressée (petits *Sobika* des indigènes), les cocons sont de couleur claire blanchâtre se rapprochant de la couleur des tresses du *Sobika*.

Dans des circonstances analogues à celles où J.-H. Fabre interrogea le Grand-Paon, comment a répondu le S. « Suraka » à des « interrogatoires » que j'ai pu faire fréquents et variés ? En effet, la chenille du Saturnide malgache, bien que polyphage, semble particulièrement friande des feuilles du Laurier-Rose ; et cet arbuste se trouvant multiplié dans le jardin de la mission, près de la Cathédrale de l'Immaculée Conception, au quartier d'« Andohalo », à Tananarive, des témoins nombreux purent être ... *cités à la barre.*

Dès qu'une chenille de S. « Suraka » a déposé les fils, premières palissades du bout conique de sa coque, je les coupe avec des ciseaux. Je constate alors que le Saturnide malgache agit comme son congénère français le Grand-Paon : la bête ne répare pas la brèche et continue l'ouvrage comme si rien d'anormal n'était survenu... Je tronque, à nouveau, le cône de palissades ou fils surbaissés. La bête n'en a cure et file la dernière rangée de palissades à angle obtus... Pour la troisième fois je tronque cette rangée de palissades... Alors le travail de protection est censé bien fini pour la bête qui, sans plus chercher à remédier à l'accident, se métamorphose en chrysalide dans une demeure dont la porte est grande ouverte à tous les intrus mal intentionnés. Comme chez le Grand-Paon, tout semble se passer chez le S. « Suraka » dans un ordre réglementaire que les trois effractions successives n'ont pas, ce semble, contrarié ou modifié. Le début de l'ouvrage manque ; n'importe, la suite vient, sans modification dans les plans.

Mais voici du nouveau ! Après avoir tronqué la première palissade du bout conique d'une coque de S. « Suraka », la chenille continuant son ouvrage, je place la porte d'entrée du cocon tout à côté de la paroi de la cage d'observations et d'études... L'insecte applique les fils surbaissés de la seconde palissade contre cette paroi ; mesure radicale, il est vrai, pour la protection de la nymphe qui sera, dès lors, emmurée dans le cocon! Mais le papillon, comment fera-t-il pour en sortir ?

J.-H. Fabre nous a dit que chez le Grand-Paon qui est inhabile à la préparation du corrosif propre à miner l'enceinte défensive du cocon, il a observé que le papillon mourait toujours dans le cocon quand il y retournait la chrysalide ou renversait sa position. — Ici, le Saturnide malgache semble différer de son congénère français ; il ne meurt pas toujours dans son cocon, en des circonstances analogues.

Voici plusieurs S. « Suraka » mis à l'épreuve de contrôle : si certains ne peuvent arriver à sortir de prison et y meurent, d'autres finissent par en percer le mur et parviennent à s'évader, non toutefois sans grands et longs efforts, au détriment plus ou moins considérable de leur conformation extérieure. mais, ce semble, sans être compromis par de graves lésions organiques. En effet, je constate que si Dame « Suraka » perd un peu de sa beauté plastique dans les péripéties violentes d'une évasion tourmentée et anormale, elle trouve néanmoins parti avantageux et devient mère de nombreux petits Saturnides dont je prends à cœur l'éducation parmi les Lauriers-Roses du Jardin de la mission à Tananarive.

Poussons plus avant l'expérimentation ; multiplions les « interrogatoires »...

Un accident fortuit a ruiné unede meure de S. « Suraka » pendant que la chenille y travaillait encore. L'ouvrière en sort et semble vouloir abandonner la coque en ruine, en s'en allant au loin. Mon intervention la reconduit près du cocon désemparé ; et je constate qu'elle se remet à l'ouvrage. La demeure ne tarde pas à être réparée.

Une autre fois, la chenille est chassée par moi de sa demeure en construction, après que j'y ai pratiqué une grosse brèche. Durant toute une journée elle passe et repasse à côté de la ruine sans avoir l'air de chercher à réparer le dommage et à continuer l'ouvrage : puis, enfin, se décide à rentrer dans la coque avariée et à continuer le travail interrompu.

Autre manière d'agir maintenant. Une chenille de S. « Suraka » commence, vers 14 h., à filer le treillis de sa coque. Vers 21 h. l'ouvrage est encore peu avancé et le treillis peu dense. Le lendemain matin, à 7 h., le treillis est plus épais, mais la demeure n'est pas terminée. Je pratique alors une grande fente, d'un bout à l'autre du

cocon et par cette fente j'expulse la chenille, en ayant soin, toutefois, de ne pas rompre le fil de trame qui va de la larve au treillis. Je remets ensuite, dans la cage d'observations, la larve à côté de sa coque, et je place, à proximité, quelques feuilles et branchettes. Cette fois, la chenille ne rentre pas dans sa coque qu'elle ne continue pas afin de la parfaire, et elle se transforme ou métamorphose en nymphe, sous les feuilles et branchettes !...

Huit jours après, je vois sortir de cette nymphe des larves de Diptère parasite du Lépidoptère. Ce parasitisme aurait-il été pour quelque chose dans la façon d'agir non réglementaire de l'insecte ?

J'interroge un autre S. « Suraka », lui non parasité. Dans les mêmes circonstances que le précédent, il agit comme celui-ci ; abandonnant le cocon commencé, pour se métamorphoser sous les feuilles et branchettes.

Interrogeons encore un nouveau sujet, et dans des circonstances analogues, pour ne pas dire les mêmes : il semble, lui, dédaigner le feuillage et reste fidèlement attaché à son cocon...

Les « dépositions » ou réponses du S. « Suraka » à mes « interrogatoires » semblent différer un peu de celles du Grand-Paon aux interrogatoires de J.-H. Fabre. Il semble même qu'il y a quelque contradiction entre les diverses réponses du Saturnide malgache. — « Sur le sol mouvant des faits contradictoires, la marche précise est impraticable : on risque, à chaque pas, de s'enliser dans la tourbière de leurs interprétations » (1).

Il serait donc téméraire de prononcer jugement définitif et *homologatif*. Un *supplément d'enquête* s'impose. D'autres *témoins* sont à citer ; d'autres *interrogatoires* à faire.

Pour aujourd'hui, cependant, l'*affaire* étant portée en

(1) J.-H. Fabre. *Loc. cit.*

référé, le juge ne pourrait-il pas, sous bénéfice de *plus ample informé*, formuler cette *ordonnance :* « Chenilles et papillons, *en l'espèce*, me paraissent petites bêtes à mœurs non raisonnées ; néanmoins elles ne semblent pas agir machinalement en *automates mécaniques* et l'on dirait qu'elles tiennent compte, en quelque façon, de circonstances fortuites, sachant *lutter pour la vie* quand ces circonstances l'exigent » ?

... Par *provision* et sans préjudice d'*appel*.

PAUL CAMBOUÉ, S. J.
Missionnaire à Tananarive.

Les

Lampes-valves à trois électrodes

et leurs Applications

Pour les nombreuses personnes du public instruit qui s'intéressent à la télégraphie sans fil et n'ont pu suivre les recherches effectuées dans les laboratoires de la Radiotélégraphie militaire au cours des dernières années, une vue d'ensemble des progrès réalisés par l'emploi des lampes à trois électrodes donne l'impression d'une véritable révolution dans la technique de la T.S.F. (1). Et à « l'amateur », auquel les montages par induction ou par dérivation sont familiers, les schémas des nombreux appareils où figurent les valves semblent mystérieux et compliqués, et leur fonctionnement apparaît souvent incertain et capricieux.

(1) Qui n'a pas pénétré, durant la guerre, dans cette ruche active qu'était l'Établissement central du Matériel de la Radiotélégraphie Militaire, se fera difficilement une idée du travail considérable qui s'y est accompli. C'est là que, sous la direction éclairée du Général Ferrié, une élite de professeurs et d'ingénieurs a créé les modèles de nombreux appareils entièrement nouveaux, fabriqués ensuite en série par des industriels pour l'Armée et la Marine. En servant la cause des Alliés, les recherches effectuées à l'E.C.M.R. ont du même coup puissamment contribué à l'avancement de la science. Aussi, le 6 juillet dernier, l'Institut de France, tout essections réunies, attribuait au Général Ferrié le prix Osiris de 100.000 francs, destiné à récompenser « l'œuvre la plus remarquable dans les sciences, les lettres, les arts, l'industrie et généralement tout ce qui touche à l'intérêt public ».

Nous ne ferons ici qu'exposer le résultat des travaux du Général Ferrié et de ses collaborateurs sur la lampe à trois électrodes et ses applications à la T.S.F.

Aux uns et aux autres nous voudrions donner, dans l'exposé qui va suivre, un fil conducteur pour les guider à travers les applications variées de la lampe à trois électrodes. Laissant de côté les détails historiques ou techniques, ainsi que les considérations théoriques et les calculs, nous nous attacherons d'abord à mettre en lumière le *rôle générique* que joue la lampe-valve dans toutes les combinaisons qui l'utilisent, puis nous étudierons son *rôle spécifique* dans la solution de trois problèmes spécialement intéressants en Radiotélégraphie, à savoir : *l'amplification, la détection* des oscillations à haute fréquence, et la *génération* des oscillations *entretenues*.

Bien que ces lignes ne soient pas destinées aux spécialistes, nous serions heureux qu'elles leur fournissent matière à réflexion.

I

RÔLE GÉNÉRIQUE DE LA LAMPE A TROIS ÉLECTRODES

Définition.

On a appelé la lampe à trois électrodes un *relais sans inertie* et c'est la meilleure définition qu'on en puisse donner. Le lecteur connaît cet appareil fort simple, si utilisé en télégraphie ordinaire, qu'est un *relais*. Lorsque le courant qui parcourt une ligne télégraphique est trop faible pour faire fonctionner les appareils du poste récepteur, on l'envoie dans les enroulements d'un électro-aimant dont la résistance est de même ordre que celle de la ligne, comportant donc, si celle-ci est longue, un nombre élevé de tours de fil fin. Le circuit magnétique de cet électro-aimant se ferme par un barreau léger de fer doux maintenu par un ressort à une faible distance des pôles. Attiré par le noyau sous l'action du courant, ce barreau vient heurter une pièce métallique, dite butoir de travail, en fermant le circuit d'une pile locale

qui envoie dans les appareils récepteurs un courant notablement plus intense que celui qui circule dans les enroulements de l'électro. Quand cesse, avec le courant de ligne, l'aimantation du noyau, le barreau de fer doux est ramené par le ressort à sa position initiale contre un butoir de repos en interrompant le courant de la pile locale.

Quel que soit le modèle, et il en existe bien d'autres, on peut désigner sous le nom de relais tout dispositif qui permet de commander le fonctionnement d'un appareil électrique au moyen d'un courant trop faible pour l'actionner directement, ou, en termes plus généraux, de libérer une quantité d'énergie électrique déterminée par la mise en jeu d'une quantité d'énergie électrique moindre.

Plus la quantité d'énergie nécessaire pour mettre en branle le relais est faible, plus il est *sensible*, mais on ne peut la diminuer qu'en rendant l'organe mobile plus léger, en réduisant sa course et en affaiblissant la force qui le ramène à sa position de repos, ce qui diminue en même temps l'énergie du courant que le relais est susceptible de déclancher. Ce qu'il est donc intéressant de considérer, c'est moins la valeur absolue de l'énergie suffisant à faire fonctionner un relais que le rapport des deux quantités d'énergie dont les variations se commandent.

Le *relais télégraphique*, que nous venons de décrire, ne fait qu'établir et supprimer un contact, c'est un interrupteur de courant à commande électrique, un appareil répétiteur des signaux longs et brefs du Morse ou des émissions rythmées du Hughes et du Baudot. Ne peut-on imaginer un relais pouvant rendre le même service *en téléphonie* ? Service d'autant plus appréciable que les longues lignes téléphoniques étouffent ou déforment les vibrations transmettrices de la parole humaine et qu'il y aurait intérêt à les sectionner en tronçons électrique-

ment indépendants. Le problème est plus difficile. On sait que les courants téléphoniques ne sont pas, comme ceux du télégraphe, des courants interrompus, mais des courants alternatifs assez complexes, que l'on peut considérer comme résultant de la superposition à une oscillation sinusoïdale, dite fondamentale, d'autres oscillations sinusoïdales dont les fréquences sont des multiples entiers de celle de la première et que l'on nomme « harmoniques ». L'ordre de ces fréquences est beaucoup plus élevé que la fréquence de manipulation des signaux télégraphiques (quelques milliers au lieu de quelques unités par seconde). Pour réaliser un relais téléphonique, on devra donc recourir à un organe mobile ayant une *inertie suffisamment faible* pour suivre ces oscillations rapides, et qui par son déplacement libère le courant électrique d'une source auxiliaire *d'une façon continue* et *proportionnellement* à ses excursions de part et d'autre de sa position d'équilibre. Au lieu d'utiliser le mouvement de rotation d'un barreau autour de son axe, on a recours aux vibrations élastiques d'une lame mince dont les déformations font varier la résistance électrique d'un contact imparfait. C'est ainsi que l'on obtiendrait un relais téléphonique en faisant agir un écouteur de téléphone sur un microphone qui déclancherait sous forme de courant oscillatoire une quantité d'énergie supérieure à celle qu'absorbent les enroulements de l'écouteur (1).

(1) On voit par où se rapprochent et se distinguent un *relais téléphonique* et un *transformateur*. Nous trouvons dans chacun de ces appareils deux circuits liés de telle sorte que les variations d'énergie électrique du premier provoquent des variations semblables dans le second. Mais, tandis que le *relais* fait intervenir une source nouvelle d'électricité qui libère dans le second circuit une quantité d'énergie supérieure à celle dépensée dans le premier, le *transformateur* ne fait que transmettre l'énergie du primaire au secondaire en augmentant seulement un des facteurs de cette énergie, intensité de courant ou tension, aux dépens de l'autre. Le transformateur est *réversible*, à toute action du primaire sur le secondaire correspond une réaction en sens inverse. Cette réaction n'existe pas dans le relais.

Si des courants téléphoniques dont le sens change quelques milliers de fois par seconde, nous passons à des courants alternatifs dont la fréquence se chiffre par centaines de mille, voire par millions, et que l'on appelle à juste titre courants de haute fréquence, où trouverons-nous un organe mobile suffisamment dénué d'inertie pour obéir à une impulsion dont le sens varie si rapidement et qui laisse immobile la membrane du téléphone ? Même en le réduisant à des dimensions microscopiques, nous serions encore loin de compte.

Mais rappelons-nous que, suivant des hypothèses déjà anciennes, la divisibilité ou, pour mieux dire, la division actuelle de la matière se poursuit bien au delà de ce que nos sens, aidés des plus puissants instruments, permettent de constater directement. Atomes et molécules qui n'étaient encore, il y a quelques années, que des fictions commodes pour rendre compte de certains phénomènes, sont devenus des réalités depuis que, par des déterminations numériques effectuées dans les domaines les plus divers de la physique, nous savons les compter. Bien que, dans chacun des cas isolés auxquels on l'applique, la théorie atomistique se présente comme une hypothèse ingénieuse à laquelle on pourrait en substituer une autre tout aussi vraisemblable, nous arrivons à une certitude grâce à la *convergence* des résultats obtenus par des procédés entièrement différents, convergence à laquelle on ne saurait assigner d'autre raison suffisante que l'existence même de la structure atomique invoquée par la théorie (1). Or, les chiffres dont la détermination

(1) *Les preuves de la réalité moléculaire* ont été exposées par M. J. Perrin dans une conférence donnée sous ce titre à la Société Française de Physique, en 1912. Dans la conférence de clôture de cette année, M. H. Poincaré mit en relief la valeur de l'argument de convergence invoqué par M. Perrin. Le sens critique aigu dont l'auteur de « *La Science et l'Hypothèse* » a donné plus d'une preuve confère à son témoignage une singulière valeur. On trouvera ces

a entraîné le triomphe de l'atomisme dépassent tout ce que nous pouvons imaginer. C'est ainsi que dans un centimètre cube d'air, pris dans les conditions normales, il y a trente milliards de milliards de molécules. Il faudrait en ranger trois milliards en file rectiligne pour faire un millimètre et en réunir vingt milliards pour faire un milliardième de milligramme. On comprend qu'avec une masse aussi prodigieusement faible ces molécules puissent, en un temps très court, acquérir une vitesse considérable, changer le sens ou la direction de leur mouvement et soient donc aptes à suivre un mouvement oscillatoire dont la fréquence se chiffre par millions à la seconde.

Or, avec les molécules nous n'avons pas atteint l'ultime degré de division de la matière. La chimie nous les montre composées d'atomes, et ceux-ci, loin d'être insécables, comme le donnerait à penser une étymologie trompeuse, se révèlent au physicien susceptibles d'être scindés en éléments plus petits. Dans un gaz raréfié traversé par une décharge électrique ou parcouru par des rayons X, ou simplement dans l'atmosphère gazeuse d'une flamme, apparaissent des *ions* ou particules chargées électriquement, qui sous l'action d'un champ électrique se meuvent en sens inverse suivant que leur charge est positive ou négative. De nombreuses mesures effectuées par des procédés différents ont permis de déterminer leur masse. Tandis que celle de l'ion positif n'est que légèrement inférieure à la masse totale de l'atome et varie avec elle, la masse de l'ion négatif, invariable quel que soit l'atome dont il provienne, est environ deux mille fois plus petite que celle de l'atome d'hydrogène, le plus léger de tous les atomes. La charge électrique de cette particule, également invariable, possède la remarquable propriété d'être un sous-multiple exact de toutes les charges

deux conférences dans le volume intitulé : *Les idées modernes sur la Constitution de la matière*. Paris, Gauthier-Villars, 1913. On peut lire aussi : J. Perrin, *Les atomes*. 5e édition. Paris, Alcan, 1914.

qu'il est possible de réaliser, sans admettre elle-même de sous-multiple. Elle a le caractère d'un atome, c'est *l'atome d'électricité* ou *électron*.

Par ailleurs il est probable que l'inertie entière des corpuscules négatifs est due à leur charge électrique ; ils seraient donc constitués par cette charge, ils ne seraient pas des particules *électrisées*, mais des particules *d'électricité*.

Des électrons il faut dire, toute proportion gardée, ce que nous avons dit des molécules : si les explications où ils interviennent contiennent encore une bonne part d'hypothèses invérifiables, leur existence est du moins hors de conteste. Avec eux nous atteignons des éléments encore plus petits que les molécules ou les atomes et, chose remarquable, tandis que nous n'avons jamais affaire qu'à des collectivités considérables de molécules dont les lois élémentaires échappent à notre observation directe et ne laissent prise qu'à des raisonnements statistiques, nous pouvons, grâce aux lois de l'électrodynamique, exercer une action *individuelle* sur les électrons, modifier leur nombre ou la vitesse de leur déplacement, dévier leur trajectoire, etc... Ces variations, grâce à l'inertie presque nulle des corpuscules, peuvent se faire en un temps extraordinairement court et se répéter avec une fréquence supérieure à toutes celles que nous savons réaliser. D'autre part, un faisceau d'électrons en mouvement jouit de toutes les propriétés du courant électrique, et, s'il parcourt l'espace vide compris entre deux électrodes reliées par un circuit conducteur, il ferme ce circuit en y établissant un courant dont l'intensité est proportionnelle au nombre d'électrons aboutissant par seconde à une des électrodes. Les électrons étant de l'électricité négative, le sens de leur déplacement réel est inverse du sens conventionnel choisi pour le courant et qui correspondrait à un transport d'électricité positive. On peut regretter cette convention qui cadre mal avec les

faits actuellement connus, mais elle est trop familière pour qu'on puisse la changer.

Ce bref rappel des propriétés des électrons permet déjà au lecteur d'entrevoir la solution qu'ils permettent de donner au problème qui nous occupe : la réalisation d'un *relais sans inertie.* Au lieu d'agir mécaniquement par l'intermédiaire d'un électro-aimant sur un corps conducteur chargé de fermer le circuit d'une pile ou d'en régler le débit, nous agirons électriquement sur le courant lui-même dans la portion de circuit où il franchit, sous forme de *convoi d'électrons* (1), un espace vide de tout corps conducteur.

Deux questions se posent alors : 1° A quel procédé pratique recourir pour produire entre deux électrodes un flux d'électrons ? 2° Ce flux produit, comment agir sur lui pour faire varier le courant qu'il ferme dans un circuit déterminé ? La réponse à ces deux questions nous amène à la description de la lampe à trois électrodes.

Description de la lampe à trois électrodes.

1° *Procédé de production du flux électronique. Rôle du filament et de la plaque.* — Parmi les sources connues d'émission électronique, figurent les métaux portés à l'incandescence. Suivant une hypothèse plausible, outre les électrons faisant partie intégrante de l'édifice atomique, un certain nombre d'entre eux circuleraient entre les atomes des corps conducteurs, ce qui expliquerait le phénomène de la conduction. Leur sortie à l'extérieur

(1) D'où le nom de *courant de convection* donné à ce mode de propagation de l'électricité pour le distinguer des *courants de conduction* qui circulent dans les conducteurs et des *courants de déplacement* qui, eux aussi, traversent les isolants et le vide, mais sans pouvoir y acquérir une valeur de régime continue. Sur cette dernière notion, due à Maxwell, et sur laquelle repose la théorie de la T. S. F., on lira avec profit le petit volume écrit par H. Poincaré pour la collection SCIENTIA : *La théorie de Maxwell et les oscillations hertziennes. La télégraphie sans fil.* 3e édition, Paris, Gauthier-Villars, 1908.

d'un métal, empêchée par la charge positive qui résulterait de leur départ, devient possible par l'élévation de température et l'accroissement d'agitation moléculaire qui en résulte. Il est naturel d'admettre que les électrons participent à cette agitation et qu'à une température assez élevée un certain nombre d'entre eux puissent acquérir une vitesse, normale à la paroi, suffisamment grande pour échapper à l'attraction des charges positives.

Dans la lampe à incandescence ordinaire, ces électrons viennent frapper la surface intérieure de l'ampoule à laquelle ils communiquent une charge négative qui s'oppose bientôt à toute nouvelle émission du filament incandescent. Pour obtenir une émission continue, il suffira d'introduire dans l'ampoule une *plaque* métallique que l'on maintiendra à un potentiel positif par rapport au filament en la reliant au pôle positif d'une pile

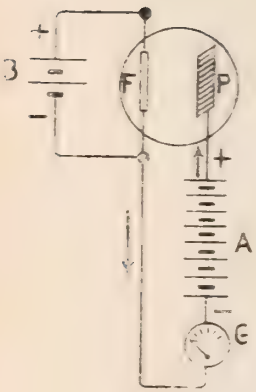

Fig. I

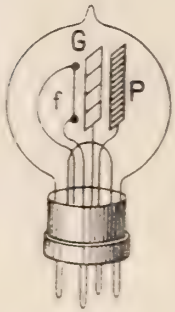

Fig. II

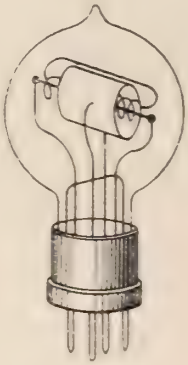

Fig. III

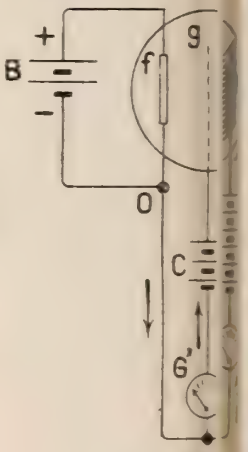

Fig.

dont le pôle négatif sera relié au filament. C'est ce que vérifie l'expérience. Dans une lampe, dont le vide soit le plus parfait possible, introduisons, à côté du filament F (fig. 1), rendu incandescent par le passage du courant d'une petite batterie d'accumulateurs B, une

plaque métallique P reliée au pôle positif d'une batterie A dont le pôle négatif est relié au filament à travers un milliampèremètre G. Cet appareil de mesure nous permet de constater un courant permanent de quelques milliampères, qui disparaît dès que l'on interrompt le courant de chauffage du filament. Le courant ainsi mis en évidence circule dans le sens des flèches et se ferme à travers l'espace F P. D'après ce que nous avons dit du sens conventionnel du courant, il correspond bien à un transport d'électricité négative en sens inverse des flèches, de F en P *dans le vide.*

Quelle est la *source* de ce courant ? Le rôle du filament incandescent se borne à donner aux électrons la mobilité nécessaire pour pouvoir sortir du métal et c'est la force électromotrice de la batterie de tension A qui les fait circuler en maintenant la plaque positive ; c'est donc cette batterie qui est la source de l'énergie électrique dépensée dans le circuit F. P. A. G. ou circuit *filament-plaque.* La batterie B ne sert qu'à assurer le chauffage du filament qui théoriquement pourrait être chauffé par n'importe quel procédé. Aussi le filament, bien qu'ayant deux électrodes qui lui amènent le courant de chauffage, ne constitue-t-il lui-même qu'*une* électrode dans les circuits qui nous intéressent. Le chauffage électrique provoque toutefois le long de cette électrode une chute de potentiel dont il faut tenir compte (1).

2° *Procédé de commande du flux électronique : Rôle de la grille.* — Maintenant que nous sommes en possession d'un procédé pratique de production du courant élec-

(1) A cause de cette chute de potentiel, on observerait encore un léger courant dans le circuit filament-plaque en supprimant la batterie de tension et en reliant la plaque au pôle *positif* de la batterie de chauffage. Dans la pratique on relie souvent le pôle négatif de la batterie de tension au pôle positif de la batterie de chauffage, dont les éléments sont alors communs aux deux batteries. La tension de la plaque, toujours comptée par rapport à l'extrémité négative du filament, est ainsi augmentée.

tronique, comment agir sur lui de façon à en provoquer, avec la dépense d'énergie la plus petite possible, de notables variations qui reproduisent fidèlement les variations de la cause utilisée ?

Introduisons entre le filament et la plaque une troisième électrode, constituée par un cadre métallique parallèle à la plaque, entre deux côtés opposés duquel sont tendus des fils perpendiculaires à la direction du filament (fig. 2), et nommée *grille* à cause de sa forme. Dans le modèle de la Radiotélégraphie militaire (fig. 3) la grille est constituée par une hélice en fil de nickel ou de molybdène, l'autre électrode est alors un cylindre de nickel enveloppant la grille et le filament. Bien que n'étant plus justifiés par cette forme, les noms de *grille* et de *plaque* ont cependant été conservés par l'usage ; dans les figures schématiques, on se contente souvent de représenter la grille par un trait interrompu.

Supposons que par un procédé quelconque, par exemple au moyen d'une pile (fig. 4), nous portions la grille à différents potentiels par rapport au filament, et demandons-nous quelle sera l'influence de la grille ainsi chargée sur le débit d'électricité dans le circuit filament-plaque. Si la grille est fortement négative par rapport à tous les points du filament, elle repoussera les électrons dont aucun ne pourra parvenir à la plaque, et le courant dans le circuit filament-plaque sera nul. Si, en maintenant négative la tension de la grille, nous en diminuons la valeur absolue, il arrivera un moment où, l'attraction de la plaque l'emportant sur la répulsion de la grille, quelques électrons traverseront les intervalles de celle-ci, sans qu'aucun cependant puisse en toucher les barreaux ; un courant commencera à apparaître dans le circuit filament-plaque et croîtra au fur et à mesure que nous continuerons à diminuer en valeur absolue la tension négative de la grille. Quand cette tension sera devenue nulle, la grille cessera de repousser les électrons, elle les attirera dès que

nous lui donnerons une tension positive, ce qui aura un double effet : son attraction, s'ajoutant à celle de la plaque, augmentera le nombre d'électrons émis par le filament et, par suite, le courant filament-plaque, mais un certain nombre de ces électrons seront capturés à leur passage par la grille et donneront naissance à un courant *continu* dans le circuit de charge de la grille, qui n'était jusqu'alors parcouru que temporairement par les très faibles courants variables, nécessaires pour charger au potentiel voulu le minuscule condensateur formé par le filament et la grille. Ce courant continu *filament-grille*, qu'un milliampèremètre permet facilement de constater, circule dans le sens des flèches de la fig. 4, et l'énergie dépensée sous forme de chaleur dans la portion métallique du circuit filament-grille est empruntée à la pile de charge C.

La grille joue, on le voit, le rôle d'une *soupape* ou *valve*, elle s'ouvre ou se ferme suivant qu'elle est positive ou négative, plus ou moins, selon la valeur absolue de sa tension ; soupape extrêmement *souple*, car son fonctionnement ne requiert pas le déplacement d'un corps pondérable doué d'inertie mécanique, soupape très *fidèle* dans des conditions que nous aurons à préciser.

La lampe à trois électrodes que nous venons de décrire réalise bien, selon la définition que nous en avons donnée, un *relais sans inertie*, dont on peut déjà entrevoir les multiples applications possibles. Avant d'examiner quelques-unes de ces applications, il sera utile de compléter ce que nous venons de dire du rôle de ses différentes parties par une petite étude quantitative, dont nous fixerons le résultat dans un graphique ; l'inspection de ce graphique sera, dans la suite, d'un grand secours pour fixer les conditions d'emploi de la lampe dans ses différentes applications.

Fonctionnement de la lampe à trois électrodes. Courbes caractéristiques.

Prenons le dispositif de la figure 4 dans lequel le filament de la lampe est chauffé par une batterie B donnant 4, 5 volts et la plaque réunie au pôle positif d'une pile de 150 volts, dont le pôle négatif est réuni par un milliampèremètre G au pôle négatif du filament. Intercalons entre ce même pôle et la grille un milliampèremètre sensible G' et une batterie de piles ou d'accumulateurs C dont nous ferons varier le nombre d'éléments et le sens des connexions de façon à porter la grille à des potentiels de valeur algébrique croissante, par exemple de — 40 volts à + 40.

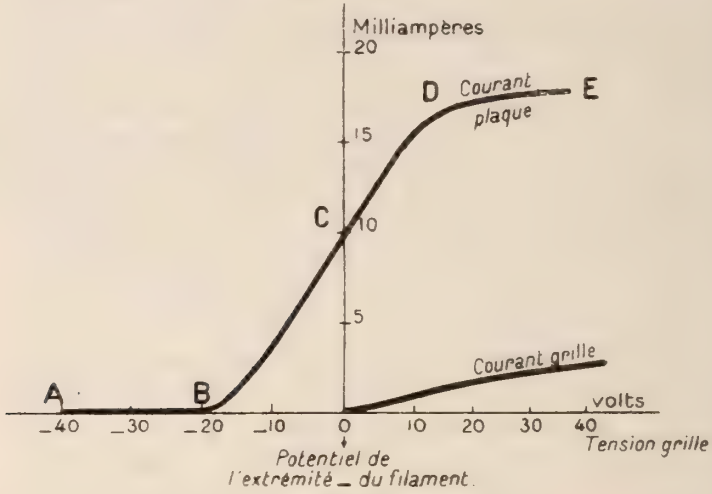

Fig. V

Portons sur un axe horizontal (fig. 5) une échelle des tensions-grille en volts, et sur un axe vertical une échelle commune au courant-grille et au courant-plaque, en milliampères. En élevant, pour chaque tension de la grille, au point correspondant de l'axe horizontal deux ordonnées verticales dont les hauteurs respectives mesurent, à l'échelle adoptée, les valeurs des courants grille et plaque pour cette tension et en joignant par un

trait continu les extrémités de ces deux séries d'ordonnées, nous obtiendrons les deux courbes de la figure 5.

L'examen de ces courbes vérifie ce que nous avons dit du rôle de la grille. Tant qu'elle est suffisamment négative, de — 40 à — 20 volts, le courant filament-plaque est nul (partie A B de la première courbe) ; le courant-plaque commence à apparaître pour une valeur négative de la tension-grille voisine de — 20 volts, le courant-grille étant toujours nul (partie B C) ; un courant apparaît dans le circuit de la grille quand celle-ci devenant positive attire les électrons et en capte au passage, en même temps le courant-plaque continue à augmenter (partie C D et seconde courbe) ; quand la tension de la grille dépasse + 20 volts, le courant-plaque cesse de croître sensiblement, tous les électrons libérés par le chauffage du filament étant pompés par l'attraction conjuguée de la plaque et de la grille (partie D E) et une nouvelle élévation de tension de la grille ne fait qu'augmenter le courant-grille aux dépens du courant-plaque par la capture d'une portion plus grande du nombre total d'électrons émis ; le courant-plaque passe donc par une valeur maximum dite *courant de saturation*, qui est d'environ 18 milliampères dans les conditions où nous nous sommes placés.

La forme géométrique de la courbe du courant-plaque est à remarquer : elle se compose de trois sections sensiblement rectilignes raccordées par deux portions de courbe. Deux des sections rectilignes sont horizontales, ces paliers indiquent que le courant-plaque cesse de croître ou de décroître alors que la tension-grille continue à augmenter ou à diminuer. La troisième est inclinée et ascendante, ce qui signifie qu'à des valeurs croissantes de la tension-grille correspondent des valeurs également croissantes du courant-plaque et inversement ; la constance de cette inclinaison montre que les variations du courant-plaque se font non seule-

ment dans le même sens mais encore proportionnellement aux variations de la tension-grille, c'est la condition de *fidélité* du relais ; la valeur de cette inclinaison en mesure la *sensibilité*, car plus l'angle formé par cette portion de la courbe avec l'horizontale est grand, plus la variation du courant-plaque correspondant à une variation donnée de la tension-grille est grande.

Dans les régions courbes, au contraire, l'inclinaison cessant d'être constante, la sensibilité varie et la fidélité disparaît.

On voit que les propriétés de la lampe à trois électrodes dépendront de la région de sa caractéristique dans laquelle on la fera travailler. On fixe cette région en fixant le potentiel *moyen* de la grille autour duquel s'effectueront les oscillations de potentiel produites par le courant variable qu'on fait agir sur la lampe. Supposons, par exemple, que nous voulions utiliser une lampe comme relais téléphonique. Nous ferons passer le courant téléphonique dans le primaire d'un transformateur dont le secondaire sera intercalé entre le point commun O et la grille (fig. 5) ; si nous n'introduisons sur ce circuit aucune force électromotrice constante, le potentiel moyen de la grille sera nul et le point de fonctionnement sera situé en C. En introduisant en série avec le secondaire une force électromotrice constante positive ou négative, nous déplacerions le point moyen de fonctionnement vers D ou B.

Pour construire la courbe de la fig. 5, nous avons utilisé un chauffage du filament et une tension de la plaque bien déterminés. Mais que deviendrait cette courbe si nous faisions varier ces deux facteurs ?

Supposons d'abord que nous augmentions la tension positive de la plaque. Le courant de saturation qui ne depend que du chauffage n'en sera pas changé, mais l'attraction exercée par la plaque sur les électrons étant plus grande fera naître le courant-plaque pour une ten-

sion plus basse de la grille, la courbe subira sans se déformer une translation parallèle à l'axe des tensions-grille et dirigée vers les tensions négatives. En prenant successivement des voltages-plaque égaux à 80, 150, 250 et 310 volts, nous obtiendrions le réseau de courbes de la fig. 6.

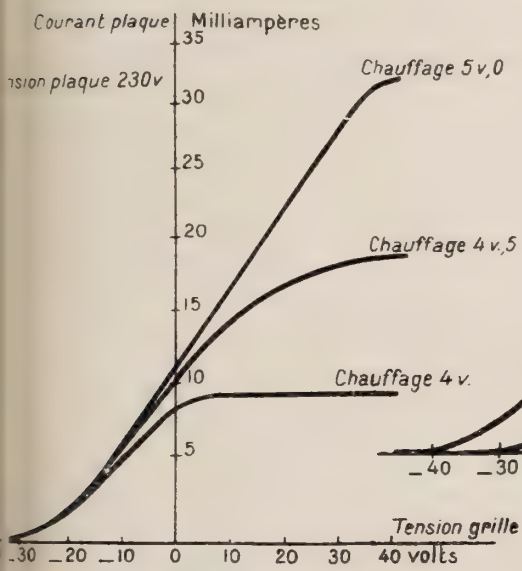

Fig. VII

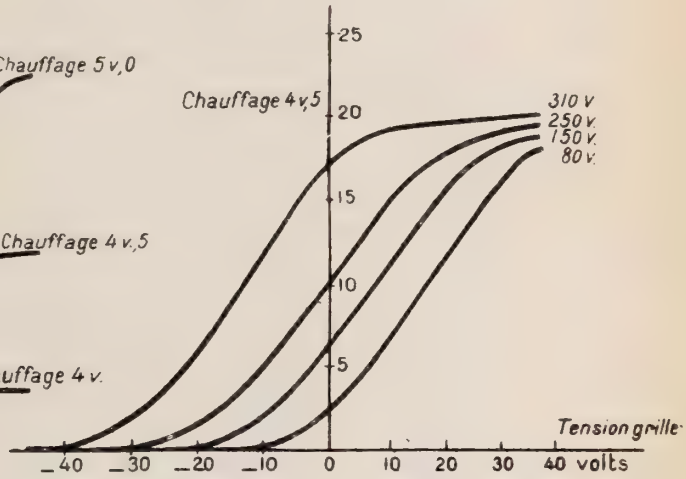

Fig. VI

Si maintenant, laissant constante la tension-plaque, nous augmentions le chauffage du filament, le courant-plaque commencerait toujours pour la même valeur de la tension-grille, mais le courant de saturation augmenterait, le palier supérieur de la courbe serait plus élevé, la longueur de la partie ascendante de la courbe plus grande, sa pente plus rapide. Pour des chauffages correspondant à des tensions aux bornes du filament de 4, 4,5 et 5 volts, nous aurions le réseau de la fig. 7.

On peut donc dire qu'à toute lampe à trois électrodes de dimensions déterminées correspond un ensemble de courbes formant des réseaux analogues à ceux des

figures 6 et 7. Pour fixer les valeurs convenables à donner au chauffage du filament, à la tension de la plaque et au potentiel moyen de la grille, en vue d'une application particulière de cette lampe, il faut choisir une de ces courbes et sur cette courbe un point de fonctionnement. Quelles considérations vont présider à ce choix ?

Nous allons le voir en étudiant l'application de la lampe à trois problèmes qui se posent en radiotélégraphie.

II

RÔLE SPÉCIFIQUE DE LA LAMPE A TROIS ÉLECTRODES DANS L'AMPLIFICATION, LA DÉTECTION ET LA GÉNÉRATION DES OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES

Le problème de l'amplification.

Avant l'apparition de la lampe à trois électrodes, les principaux organes d'une station réceptrice de T. S. F. étaient les suivants : une antenne, constituée par une nappe aérienne de fils tendus au-dessus du sol, formait avec celui-ci les armatures d'un condensateur reliées à une bobine de self-induction variable. Quand le diélectrique du condensateur antenne-terre est soumis aux oscillations électromagnétiques rayonnées par un poste transmetteur, une force électromotrice se développe entre ses armatures et fait naître dans la self-induction un courant alternatif de haute fréquence. Si le circuit oscillant formé par cette self et ce condensateur est accordé sur la fréquence de la transmission, la différence de potentiel périodique entre l'antenne et le sol augmente par résonance, on peut alors tenter de la déceler (1).

(1) Si, pour augmenter la sélectivité du système récepteur, on fait agir le champ magnétique de la self d'antenne sur un circuit oscillant secondaire, c'est alors la différence de potentiel développée aux bornes de la capacité secondaire que l'on cherche à déceler.

Cette grandeur est très faible et l'appareil le plus sensible aux courants alternatifs, le téléphone, reste muet, nous l'avons dit, pour les hautes fréquences. C'est alors qu'intervient le détecteur qui, par un mécanisme sur lequel nous reviendrons, transforme le courant à haute fréquence en courant continu. Le téléphone n'en resterait pas moins muet, si les courants à haute fréquence engendrés dans les appareils de réception n'étaient composés de *trains d'oscillations* séparés les uns des autres et se suivant à une fréquence *musicale*. C'est justement le cas pour le système de transmission par étincelles et nous verrons un procédé élégant pour obtenir le même résultat dans le cas des ondes entretenues. On obtient donc au sortir du détecteur un courant rythmé perceptible au téléphone.

On voit facilement que le relais sans inertie qu'est la lampe pourra être utilisé à amplifier, soit les courants de haute fréquence avant la détection, soit les courants de fréquence musicale après la détection. D'où deux catégories d'appareils : amplificateurs *à haute fréquence*, amplificateurs *à basse fréquence*. Comme les courants musicaux sont eux-mêmes coupés en signaux se succédant à la cadence du manipulateur, on peut songer, en vue de l'enregistrement mécanique, à une nouvelle amplification, l'amplification *à très basse fréquence*. Ces trois modes d'amplification étant indépendants peuvent être employés concurremment, et cet emploi simultané assure un pouvoir amplificateur considérable qui, joint à l'augmentation de puissance des transmissions, rendra possible dans un avenir prochain la réalisation par T. S. F. de communications intercontinentales automatiques à grande vitesse.

Voyons les principes communs à ces trois catégories d'amplificateurs.

Choix de la courbe et du point de fonctionnement.

Les conditions à rechercher pour l'amplification sont

la *fidélité* et la *sensibilité*. La première exige que l'on fasse travailler la lampe dans une région rectiligne de la caractéristique, la seconde demande que la pente dans cette région soit la plus grande possible. Les oscillations à amplifier étant petites, cette région n'a pas besoin d'être très étendue de part et d'autre du point de fonctionnement. Un chauffage modéré du filament et une tension de la plaque de 50 à 100 volts suffisent.

Une considération importante intervient dans le choix du point de fonctionnement, c'est-à-dire dans la détermination du potentiel moyen de la grille. Tant que la grille est négative, aucun courant continu ne circule dans le circuit de grille, qui ne consomme donc point d'énergie, l'énergie, d'ailleurs très minime, transmise à la grille pendant qu'elle se charge étant restituée lorsqu'elle se décharge. Si on donne à la grille un potentiel moyen négatif ou, à la limite, nul, le relais qu'est la lampe fonctionne donc *sans dépense d'énergie* autre que les pertes dues au défaut d'isolement. On adopte généralement, par raison de simplicité, le potentiel nul.

Dans ces conditions la sensibilité de la lampe, définie par le rapport de l'énergie libérée par la plaque à l'énergie absorbée par la grille pendant l'unité de temps, est considérable. On s'attendrait à ce que le pouvoir amplificateur soit extrêmement grand. Il en serait ainsi si les différences de potentiel à amplifier étaient d'origine électrostatique, c'est-à-dire si la lampe était utilisée comme électromètre. Mais, dans le cas qui nous occupe, elles sont dues à la circulation de courants dans des circuits où leur énergie se transforme inévitablement en chaleur. Le pouvoir amplificateur est alors égal au quotient de l'énergie libérée dans le circuit-plaque par l'énergie employée à entretenir les courants variables auxquels sont dues les variations de tension transmises à la grille. Il dépend non seulement des lampes, mais des circuits intercalés sur la grille et sur la plaque, il atteint

à peine *cent*, et se réduit à *dix* si, au lieu de le définir par le rapport des puissances, on le définit par le rapport des intensités.

Étages successifs d'amplification. Procédés de liaison des lampes. — On est donc obligé de recourir à plusieurs amplifications successives et le problème se pose alors de faire agir le courant amplifié par une lampe sur la suivante. La difficulté réside en ce que c'est sur la *tension* de la grille qu'il faut agir pour faire varier *l'intensité* du courant débité par la plaque. Dans le langage des praticiens, il faut fournir des *volts* à la lampe pour lui faire rendre des *ampères*. Il faut donc transformer les ampères, donnés par une première lampe, en volts pour agir sur la suivante. C'est par la nature du procédé adopté pour faire la liaison entre lampes que se classifient les différents types d'amplificateurs.

Liaison par transformateurs. — On fait passer le courant-plaque d'une lampe dans le primaire d'un transformateur-élévateur de tension, dont le secondaire est intercalé sur le circuit-grille de la lampe suivante.

Dans les amplificateurs à basse fréquence ces transformateurs sont à noyau de fer, et comportent un nombre très élevé de tours de fil fin, avec un rapport de transformation variant de trois à cinq. On dispose également un transformateur à l'entrée, le primaire prenant la place du téléphone dans les appareils de réception et le secondaire étant branché sur le circuit-grille de la première lampe. Le téléphone est alors intercalé sur le circuit-plaque de la dernière lampe, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un transformateur.

Dans les amplificateurs à haute fréquence les transformateurs ont un nombre de tours de fil beaucoup moins élevé ; s'ils ont des noyaux de fer, ceux-ci doivent être en tôle extra-mince (2 à 3 centièmes de mm.). Les circuits primaires (ou secondaires) peuvent être rendus périodiques par des capacités réglables ; ces circuits jouent

alors le même rôle sélectif que les circuits couplés des appareils de réception, la lampe constituant ainsi un nouveau mode de couplage, supérieur au couplage inductif. (Cf. p. 373, note 1.)

Liaison par capacités. — On intercale entre la plaque et le pôle positif de la pile de tension soit une self ou un circuit oscillant, soit une forte résistance (50 à 100 mille ohms) le long de laquelle le courant-plaque établit une différence de potentiel qui varie avec l'intensité de ce courant et reproduit donc en les amplifiant les variations de tension de la grille, on transmet ces variations de potentiel de la plaque à la grille de la lampe suivante par une capacité, et on conserve à cette grille le potentiel moyen convenable en la reliant par une résistance de quelques mégohms au pôle positif ou négatif du filament. Nous verrons plus loin que ce montage a un

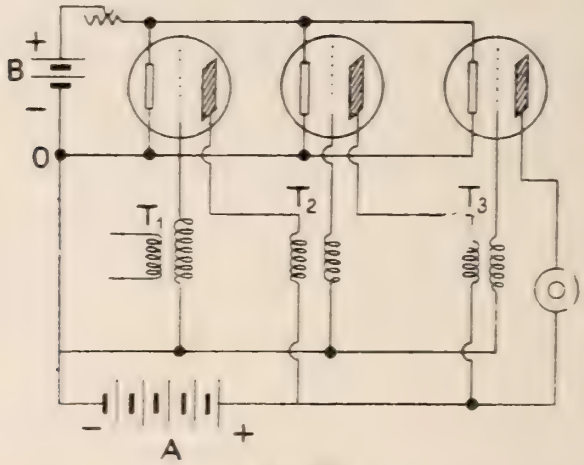

Fig. VIII

effet détecteur. l'appareil ainsi réalisé amplifie et détecte en même temps. L'emploi de résistances dans le circuit-plaque permet, avec des valeurs convenables de la capacité de liaison, de faire des amplificateurs utilisables pour des gammes de fréquences beaucoup plus étendues

que ne le permettent les appareils comportant des selfs ou des transformateurs ; c'est le seul montage possible pour la très basse fréquence.

Tels sont les principaux types d'amplificateurs et les principes sur lesquels ils sont basés ; nous ne pouvons que renvoyer aux ouvrages et aux revues techniques pour les détails de réalisation et de fonctionnement. Nous

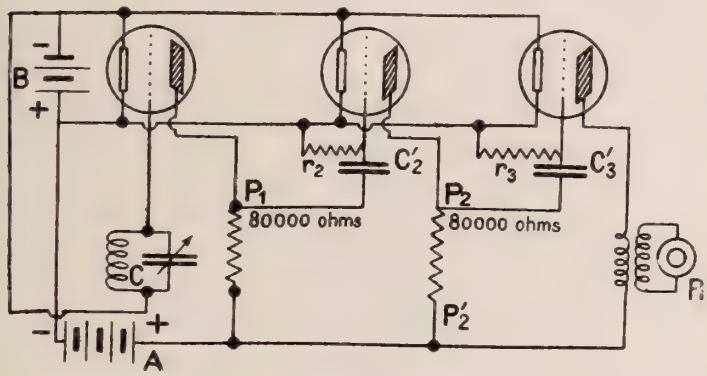

Fig. IX

donnons seulement dans les figures 8 et 9 les schémas de principe d'un amplificateur basse fréquence à transformateurs et d'un amplificateur-détecteur à résistances et capacités de liaison.

Le problème de la détection.

Un courant de haute fréquence est sans action sur un écouteur téléphonique à cause de l'inertie de sa membrane, une alternance négative détruisant l'action de l'alternance positive précédente avant qu'elle ait eu le temps de se faire sentir.

Mais si, par un moyen quelconque, on peut introduire une *dissymétrie* dans la forme de ce courant, en rendant par exemple les alternances positives plus grandes que les négatives, l'action des premières ne sera plus complètement détruite par les secondes et la mem-

brane sera légèrement déformée pendant la durée des oscillations ; si celles-ci sont coupées en *trains* se succédant à une fréquence musicale, le téléphone rendra un son. Tout appareil capable de créer une pareille dissymétrie est un détecteur. Reportons-nous maintenant aux caractéristiques de la fig. 5 et supposons qu'au lieu de faire travailler la lampe dans la région rectiligne ascendante, comme on le fait dans les amplificateurs, nous réglions la tension de la grille de façon à opérer dans une portion *courbe*. En ce cas, l'inclinaison de la caractéristique n'est plus la même de part et d'autre du point de fonctionnement, l'amplification n'est plus égale pour deux demi-oscillations consécutives et le courant oscillant de la plaque n'est plus symétrique. Si nous prenons, par exemple, comme potentiel moyen de la grille celui qui correspond au point B, pendant la demi-période où la tension de la grille s'abaisse en dessous de cette valeur, le courant-plaque reste sensiblement nul ; pendant la demi-période où, au contraire, elle s'élève au-dessus de cette valeur le courant-plaque croît, d'autant plus vite que la caractéristique se redresse plus rapidement. Une des alternances est donc à peu près complètement éliminée.

On voit que l'on a intérêt à choisir la région de la caractéristique où la courbure est le plus prononcée et le point où sa valeur passe par un maximum. Cette courbure n'étant cependant jamais brusque, si l'oscillation de tension autour de ce point est faible, la variation d'inclinaison est également faible, mais elle croît rapidement avec l'amplitude de l'oscillation. La détection est donc meilleure pour les réceptions fortes que pour les réceptions faibles ; l'expérience, d'accord avec l'analyse mathématique, montre que, pour de petites oscillations, le pouvoir détecteur croît comme le carré de leur amplitude ; on voit l'intérêt qu'il y a à amplifier

avant de détecter, c'est-à-dire à amplifier à haute fréquence.

Le réglage de la tension moyenne à donner à la grille étant ici plus précis que pour l'amplification et ne correspondant plus au zéro, il est nécessaire d'intercaler

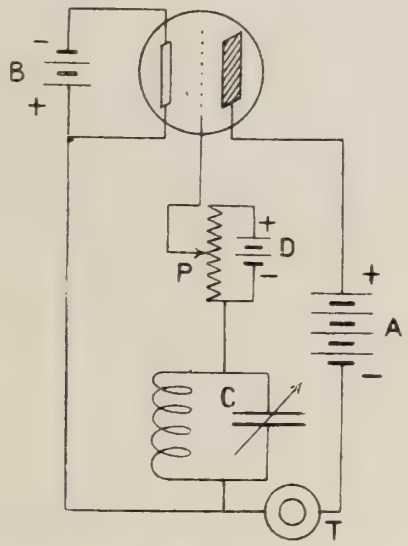

Fig. X.

entre le circuit oscillant et la grille (fig. 10) un potentiomètre P ; le réglage se fait en cherchant la position du curseur qui donne l'audition la plus forte des signaux.

Un autre montage a prévalu dans la pratique, qui a l'avantage de supprimer le potentiomètre. C'est, non plus à la courbure de la caractéristique du courant-plaque, mais à celle que présente la courbe du courant-grille aux environs de l'origine, que l'on demande la dissymétrie nécessaire à l'effet détecteur. La grille est reliée, d'une part au circuit oscillant par un petit condensateur C' qui transmet les oscillations de potentiel, d'autre part par l'intermédiaire d'une résistance de quelques méghoms à l'extrémité positive du filament (soit direc-

tement, soit à travers le circuit oscillant comme dans la fig. 11). Cette résistance transmet à la grille le potentiel du point O diminué de la chute de potentiel ohmique due au courant-grille. La tension moyenne de la grille est alors légèrement positive. Quand, sous l'action du circuit oscillant, le potentiel de la grille varie, le courant-grille varie lui aussi, mais dissymétriquement à cause de la courbure de sa caractéristique, et il provoque une variation également dissymétrique de la chute de potentiel le long de la résistance *r*. Le potentiel de la grille varie donc dissymétriquement et cette dissymétrie se retrouve, *amplifiée*, dans le courant-plaque. Il y a donc détection.

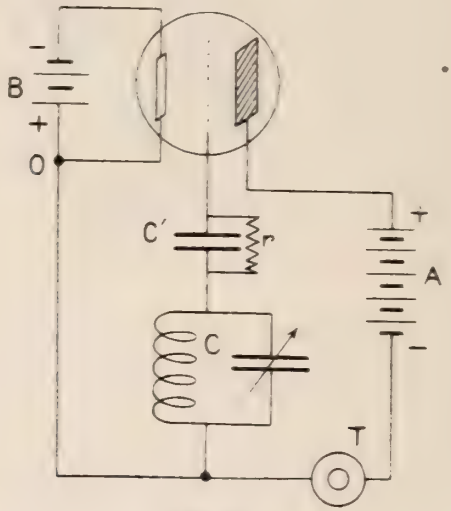

Fig. XI.

Le détecteur à lampe a l'avantage de n'emprunter que très peu d'énergie au circuit oscillant, le courant débité dans la grille étant nul ou très faible. Comme il n'est sensible qu'à la tension, on a intérêt à augmenter celle-ci en augmentant la self et en diminuant la capacité dans le circuit oscillant. Il est enfin indéré-

glable, ce qui est peut-être sa principale supériorité sur les détecteurs à cristaux.

Le problème de la génération des oscillations entretenues. Les oscillations électriques qui se produisent dans la décharge d'un condensateur diminuent vite d'amplitude pour bientôt s'éteindre ; on dit qu'elles *s'amortissent.* Il y a à cela bien des causes : l'énergie primitivement emmagasinée dans le condensateur et qui, pendant la décharge, passe alternativement de la force électrostatique à la force électromagnétique, se dissipe en même temps sous forme de chaleur dans le circuit de décharge et dans les masses métalliques voisines ; d'autre part, une partie importante est cédée à d'autres circuits couplés à dessein avec le premier, ou rayonnée dans l'espace sous forme d'ondes électromagnétiques, s'il s'agit d'une antenne. On ne peut complètement supprimer les premières pertes qui représentent l'impôt prélevé par l'inexorable loi de la dégradation de l'énergie, et on ne cherche pas à diminuer les secondes qui constituent l'effet utile du phénomène.

Il faut donc restituer périodiquement au circuit oscillant l'énergie qu'il dissipe. C'est par la fréquence à laquelle s'effectue cette restitution que se différencient les deux principaux systèmes de transmissions employés en T. S. F.

Dans la transmission par étincelles, la recharge du condensateur s'opère de 100 à 1000 fois par seconde, mais cette fréquence est bien trop faible pour assurer la continuité de l'émission et les trains d'ondes dus à deux décharges successives sont séparés par un intervalle très long par rapport à leur durée. La quantité d'énergie transmise par seconde aux appareils de transmission est donc fractionnée et condensée en émissions rares et brèves dont la puissance réelle est bien supérieure à la puissance moyenne du poste. Sous ces chocs

répétés, les circuits des postes de réception oscillent avec leur période propre, même si elle n'est pas parfaitement d'accord avec la période de la transmission, la *syntonie* et par suite le pouvoir sélectif restent faibles.

Dans le système de transmission par *ondes entretenues*, l'énergie dissipée par le circuit oscillant lui est restituée à la fréquence même de ses oscillations avant que l'effet des pertes ait pu se faire sentir. L'énergie émise est uniformément répartie sur tout le temps de l'émission ; aussi, à puissance moyenne égale, la puissance instantanée est beaucoup moins élevée que dans le système précédent et seuls des circuits récepteurs parfaitement accordés pourront cumuler par résonance les impulsions reçues à chaque oscillation.

Tant que la fréquence n'est pas trop élevée, c'est-à-dire pour les grandes longueurs d'onde, on peut arriver à entretenir des oscillations électriques par des moyens mécaniques (alternateurs à haute fréquence) ; pour des fréquences plus rapides, il n'y a pas d'autre ressource que de demander aux oscillations électriques de pourvoir elles-mêmes à leur entretien. Rien de plus facile grâce au *relais sans inertie* qu'est la lampe. Au lieu de faire agir, comme dans les amplificateurs, les oscillations du courant-plaque d'une lampe sur la grille de *la lampe suivante*, nous les ferons *réagir* sur la grille de *la même lampe ;* un circuit oscillant traversé par le courant-plaque recevra ainsi de la batterie de plaque un apport d'énergie qu'il aura lui-même déclanché par ses propres oscillations et qui se reproduira avec leur fréquence.

Les procédés de liaison par transformateurs ou par capacités, que nous avons vus utilisés dans les amplificateurs entre deux lampes consécutives, vont servir maintenant à coupler les circuits grille et plaque de la même lampe. En recourant soit à l'un soit à l'autre, soit aux deux simultanément et suivant que le circuit oscillant

se trouvera soit sur la plaque, soit sur la grille, ou comprendra les selfs des deux circuits, nous obtiendrons tous les types possibles de générateurs à ondes entretenues dont on trouvera la description dans les ouvrages

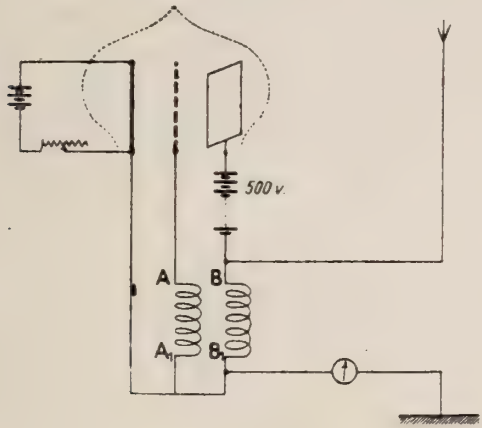

Fig. XII

spéciaux. Nous donnons à la fig. 12 le schéma d'un poste émetteur dans lequel le circuit oscillant formé par la bobine B B_1 et la capacité antenne-terre, se trouve sur la plaque et est couplé inductivement à un circuit apériodique A A_1 qui transmet à la grille les variations de tension destinées à provoquer les variations de courant-plaque qui entretiendront des oscillations dans le circuit de l'antenne. Dans la fig. 13, c'est le condensateur antenne-terre qui forme la capacité de liaison entre la plaque et la grille ; il y a en plus couplage inductif si les deux bobines ont leurs axes parallèles ; le couplage serait uniquement électrique si ces axes étaient perpendiculaires. Il est à noter qu'ici les deux bobines font partie du circuit oscillant qui se trouve à la fois sur la plaque et sur la grille.

Pour que l'entretien soit possible, certaines conditions doivent être réalisées : c'est ainsi que le couplage ma-

gnétique doit avoir un sens convenable, faute de quoi il n'y aurait pas concordance entre les oscillations et les impulsions destinées à les entretenir. De plus, bien qu'il suffise théoriquement que l'entretien fournisse au circuit oscillant une énergie compensant exactement celle qu'il dissiperait s'il était abandonné à lui-même, il faut pratiquement, pour que les oscillations soient stables et surtout pour qu'elles *s'amorcent* d'elles-mêmes, que l'énergie de l'impulsion d'entretien soit *supérieure* aux pertes dues à l'amortissement, pour les petites amplitudes. La

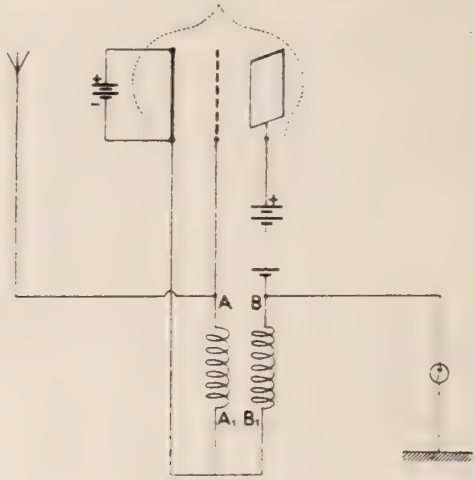

Fig. XIII.

moindre variation de courant dans le circuit oscillant, celle qui se produit, par exemple, quand on ferme le circuit de plaque ou qu'on allume la lampe, augmente alors par la réaction qu'elle provoque et donne lieu à une oscillation d'amplitude croissante. L'amplitude croîtrait indéfiniment sans la courbure de la caractéristique ; mais quand la tension-grille atteint dans ses oscillations les valeurs qui correspondent aux paliers de la courbe du courant-plaque, celui-ci cesse d'augmenter ; les oscillations de courant prennent alors une valeur de régime stable.

Pour accroître l'intensité des oscillations entretenues par une lampe, il faut donc relever le palier supérieur de la caractéristique en augmentant le chauffage du filament. Il faut également augmenter le potentiel de la plaque de façon à amener le milieu de la région rectiligne sur l'axe afin que les oscillations soient symétriques.

Avec de petits postes transmetteurs utilisant quatre lampes montées en parallèle, identiques à celles qui servent pour la réception, mais chauffées à 5 volts au lieu de 4, et en portant la tension de plaque de 80 à 320 volts, on a obtenu, avec des amplificateurs à la réception, des portées de 200 kilomètres.

Mais on peut se contenter du chauffage et de la tension ordinaire si l'on ne désire pas de fortes intensités. C'est justement le cas pour de petits générateurs d'ondes entretenues qu'on utilise dans la méthode de réception dite *hétérodyne*, nom qui a ensuite passé à ces générateurs eux-mêmes. Lorsqu'on détecte des ondes entretenues, on obtient un courant moyen constant qui ne fait rendre aucun son au téléphone, l'émission n'étant plus fractionnée en trains d'ondes séparés. Mais si on superpose aux oscillations entretenues reçues dans les appareils récepteurs, celles d'un petit générateur placé à côté et dont la période est *légèrement désaccordée* sur celle du poste de transmission, il se passe un phénomène identique à celui des *battements* en acoustique. Les deux oscillations tantôt s'affaiblissent et tantôt se renforcent et l'amplitude de l'oscillation résultante varie avec une fréquence égale à la différence des fréquences de la transmission et de l'*hétérodyne*. En réglant la période de celui-ci on donne aux battements la fréquence musicale que l'on veut. Ce système a de grands avantages : on est maître de la note entendue au téléphone et on choisit celle qui correspond à la plus grande sensibilité de l'écouteur ou de l'oreille ; on augmente l'intensité de la récep-

tion et on améliore le rendement du détecteur ; enfin, et c'est le principal avantage, les postes perturbateurs dont la longueur d'onde n'est pas rigoureusement identique à celle du poste écouté, ne seront pas entendus avec la même note, ils ne seront même pas entendus du tout, si la fréquence des battements sort de la gamme des fréquences audibles, ce qui se produira pour une variation relative de longueur d'onde d'autant plus petite que l'ordre de grandeur de ces longueurs d'onde sera plus faible. On obtient ainsi un effet sélectif bien supérieur à celui que procure la syntonie des circuits.

Ces petits générateurs sont très simples à réaliser, il suffit dans les figures 12 et 13 de remplacer l'antenne et la terre par les armatures d'un condensateur variable.

Le seul inconvénient de la méthode hétérodyne est de compliquer, par un réglage supplémentaire, la recherche des transmissions. Mais ce réglage peut être supprimé en engendrant les oscillations locales, destinées à interférer avec les oscillations captées par l'antenne, dans les circuits mêmes de réception, par exemple dans le secondaire. En désaccordant ce secondaire d'une quantité qui ne diminue pas sensiblement la syntonie, les battements se produiront et la recherche des postes deviendra aussi simple qu'avec les transmissions à étincelles. L'entretien peut alors se réaliser avec une lampe déjà employée comme détectrice ou amplificatrice par simple addition d'un couplage réactif. L'intensité de la réception est notablement augmentée par ce procédé, car on compense l'amortissement du secondaire non seulement pour l'onde locale, mais également pour l'onde reçue ; aussi le couplage réactif est-il employé même dans la réception des transmissions à étincelles ; on le règle alors de façon à compenser tout juste les pertes, sans amorcer d'ondes entretenues. C'est le principe de la régénération.

Notons, pour terminer, que les postes émetteurs à

lampes se prêtent très facilement à la téléphonie sans fil, au prix seulement d'une notable réduction de portée. On se passe alors d'hétérodyne à la réception, c'est au microphone du poste transmetteur de faire varier l'amplitude des oscillations suivant le rythme de la parole.

L'exposé que nous venons de faire des principales applications de la lampe à trois électrodes dans le domaine de la T. S. F. justifie, croyons-nous, le mot de « révolution » dont nous nous sommes servi au début de cet article et cette révolution s'étend déjà à d'autres domaines de la technique électrique.

Aussi remarquable que la variété des applications est la simplicité des moyens mis en œuvre, simplicité de l'instrument lui-même qu'est la lampe, de son rôle essentiel de relais sans inertie, de ses propriétés que résument quelques courbes.

Cette simplicité toutefois ne doit pas faire illusion sur les nombreuses difficultés rencontrées dans la mise au point des appareils fabriqués pour les armées alliées, ni faire oublier la somme énorme de travail accomplie dans les laboratoires de la radiotélégraphie militaire au cours des années de guerre. Ici, comme dans toute l'histoire des sciences, les longues et minutieuses recherches expérimentales sont nécessaires avant que devienne possible le travail de classification et de synthèse ; et la réduction à l'unité, opérée par l'esprit sur les données de l'expérience, n'est à son tour qu'une étape dans l'exploration d'un monde qui se révèle à nous chaque jour plus complexe, comme pour nous défier d'étreindre jamais dans nos formules l'inépuisable fécondité de la Pensée Créatrice.

J. Abelé,
Ex-S/L^{t} au 8e Rgt du Génie
Ex-Chef de la Section Radiogoniométrique
de la IIIe armée.

Le Rayon vert

Rarement visible sous nos latitudes, le rayon vert n'y est cependant pas inconnu des astronomes et des météorologues. Parfois le premier rayon que le soleil envoie à son lever, ou le dernier qu'il lance à son coucher, est coloré d'un beau vert d'émeraude, voire d'un bleu violet. Ce joli phénomène est observable sans le grossissement de la lunette astronomique ; on trouve dans les annales de la science bien des relations de personnes qui en furent, à leur surprise, les heureux témoins. Le 19 septembre 1898, par exemple, H. de Maubeuge adressait du golfe de Suez, à l'Académie des Sciences, la communication suivante : « Vers six heures du matin, le soleil s'est levé derrière le massif du Sinaï, en lançant, à la première seconde de son apparition, un rayon lumineux d'un vert émeraude, absolument pur et net. Le phénomène a été observé, sur le paquebot Ernest Simons de la Compagnie des Messageries maritimes, par une douzaine de personnes dont la plupart ignoraient qu'il pût se produire rien de semblable, et avaient simplement les yeux fixés sur le Sinaï » (1). En Égypte encore, dit Monsieur Piot Bey, « il n'est pas rare de voir le rayon ultime prendre très distinctement une coloration bleue » (2), et de son côté Monsieur William Groff (3) affirme « avoir souvent observé au soleil levant le premier rayon bleu, précédant immédiatement le rayon vert » (4).

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, tome 127, p. 453.

(2) Ibid., tome 127, p. 893.

(3) Bulletin de l'Institut égyptien, 1893.

(4) Parfois le phénomène prend un tour fort original. « J'étais en

Dans la zone tropicale surtout, l'observation du rayon vert est courante ; et sans doute elle date des âges les plus reculés. Monsieur Groff croit en avoir découvert un indice dans la science de la vieille Égypte (1). Il fit la remarque que souvent, sur les monuments, les Égyptiens représentaient leur dieu Râ, le soleil levant, par un signe idéographique assez inattendu : des arcs d'anneaux concentriques, dont l'extérieur de couleur bleue, les deux voisins de couleur verte. De plus, les Égyptiens donnent au soleil levant le nom d'une pierre précieuse, la mafek, couleur d'émeraude. Ce peuple étant assez curieux des faits astronomiques, peut-être est-il permis de voir, avec Monsieur Groff, plus qu'une coïncidence fortuite dans ces deux détails.

Mais notre but n'est pas de remonter le cours des âges pour y découvrir la plus ancienne trace de l'observation du rayon vert. Nous préférons rappeler à quelles causes a été attribué le phénomène et examiner le bien-fondé des hypothèses proposées.

EXPLICATIONS PHYSIOLOGIQUES

Plusieurs ont dès l'abord haussé les épaules ; pour eux, le rayon vert était pure illusion, irréel produit d'imaginations surexcitées. Il aurait suffi qu'on annonçât l'événement pour que, suggestionnés, les témoins aient cru

chemin de fer sur la ligne de Paris à Étampes, raconte un témoin, à l'heure où le soleil se couchait; le ciel était bien clair. Le soleil disparut derrière les collines de la région de la tour de Montlhéry ; mais à cet endroit l'horizon forme une ligne très sinueuse, de sorte que, grâce au mouvement rapide du train, je vis trois fois de suite disparaître et réapparaître le soleil. Chaque réapparition était accompagnée de la vision nette du rayon vert, tandis qu'il n'était pas visible quand le soleil disparaissait à l'instant d'après. Et ceci se répéta donc trois fois. Cette particularité du phénomène n'est pas moins surprenante que sa persistance. J'ai donc assisté à trois levers de soleil successifs, accompagnés du rayon vert, et ceci à l'heure du coucher du soleil. » M. Camuset, La Nature, 16 juillet 1921.

(1) Ibid.

le voir, et l'aient vu. De Maubeuge prévoyait l'objection ; aussi notait-il que parmi ses passagers « la plupart ignoraient qu'il pût se produire rien de semblable » ; il se hâtait d'en conclure « qu'il n'entre aucune suggestion dans cette observation, puisqu'elle a été faite simultanément et instantanément par plusieurs personnes non prévenues ».

Il a raison. Mais si le fait ne peut être l'effet d'une hallucination, ne se classerait-il pas parmi les phénomènes variés et parfois bizarres auxquels on donne le nom d'illusions d'optique ? Les premiers et les derniers rayons du soleil seraient de lumière aussi blanche qu'en plein midi. S'ils paraissent verts, c'est à cause de l'observateur, par suite d'une de ces interventions inconscientes comme la psychologie physiologique en révèle tant. Qui n'a vu le même petit losange de papier gris pâle prendre successivement les teintes les plus diverses suivant qu'on le place sur des fonds de couleurs différentes ? La sensation chromatique qu'il provoque n'est pas son œuvre à lui seul ; le milieu ambiant, les excitations sensorielles immédiatement antérieures y ont aussi leur part.

Et pour le rayon vert, une expérience très élémentaire de laboratoire suggéra vite une explication physiologique. Si l'on regarde très attentivement un écran blanc sur lequel se découpent les arêtes nettement tranchées d'un quadrilatère écarlate, et que soudain un déclic instantané y superpose un autre écran, complètement blanc celui-ci, on verra bientôt apparaître sur ce fond nouveau un quadrilatère de couleur verte. Ce phénomène pourrait s'appeler *l'appel des couleurs complémentaires.*

L'application à notre sujet est directe. Au moment de son coucher, le soleil est souvent rouge ; plus il descend dans le ciel, et plus cette teinte s'accentue. Regardons son disque tandis qu'il plonge sous l'horizon. Quand il finira de disparaître, notre œil impressionné par son

éclat rougeâtre, verra apparaître, sur le fond pâle du ciel, une lueur verte, complémentaire des feux de l'astre disparu.

L'explication, pour aisée qu'elle soit, ne résiste ni à la réflexion, ni à l'expérience. Car en réalité la disparition du soleil ne fait pas voir de lueur verte à celui qui l'observe ; ce sont au contraire d'énormes taches grises, parfois persistantes, qui semblent se dessiner sur le ciel. De plus, la lueur verte devrait se produire régulièrement, et de manière plus brillante, lorsque le soleil couchant est plus rouge. Or, c'est précisément alors qu'on n'observe jamais le rayon vert. Sans compter que l'explication se heurte à deux autres objections insolubles. Le rayon vert se produit fréquemment au lever du soleil ; il n'est alors précédé d'aucune vision rouge. D'autre part, les témoins s'accordent pour le dire, la lueur verte ne précède pas l'apparition de l'astre ou ne suit pas sa disparition, elle coïncide plutôt avec les premiers ou les derniers rayons perçus. Ce détail ruine l'hypothèse proposée, puisque la couleur complémentaire ne peut paraître avant que l'autre ait entièrement disparu ; il faut même quelques fractions de seconde pour qu'elle se montre à notre sens trompé.

Cette première explication physiologique est donc fausse ; l'étude expérimentale du seuil des sensations en suggère une nouvelle.

On appelle *seuil d'une sensation* l'intensité maximum que puisse prendre un excitant physique externe sans provoquer chez le sujet la sensation correspondante. Si nous entamions une étude d'ailleurs très élémentaire de la vision, il faudrait y distinguer sévèrement le seuil de la sensation chromatique et celui de la sensation achromatique. Parfois une excitation physique est suffisante pour que le sujet perçoive un objet, mais cet objet ne présente pas de teinte définie : il a l'aspect

grisâtre des choses éloignées, le soir, entre chien et loup. En ce cas, l'excitant physique a dépassé le seuil de la sensation achromatique, sans atteindre celui de la sensation chromatique. Mais voici qui nous intéresse davantage. L'œil ne réagit pas de la même manière aux diverses radiations lumineuses. Au vert, dont la longueur d'onde est proche de 560 μμ, il est plus sensible, à intensité lumineuse égale, qu'aux radiations de longueur d'onde plus considérable ou moins considérable. On a donné le nom de *sélectivité rétinienne* à cette inégale sensibilité de l'œil aux rayonnements divers (1).

De cette propriété résulte ceci. Si l'on présente à une même personne des sources lumineuses de même intensité, mais de couleurs différentes, et qu'on en diminue l'intensité, la source verte continuera d'être perçue chromatiquement quand les autres ne causeront déjà plus qu'une sensation achromatique ou cesseront même d'être visibles. Un faisceau vert très faible donne ainsi un résultat chromatique que ne produirait pas un égal faisceau d'autre teinte. Or, quand le soleil se couche, l'intensité de ses diverses radiations diminue en même temps que sa surface visible. Les radiations de très grandes ou de très petites longueurs d'onde s'éteindront donc les premières sur notre rétine. Seules, mais pour un temps très court, les radiations vertes et vert-jaunes resteront visibles chromatiquement : c'est le rayon vert.

Mettons cette explication théorique à l'épreuve du laboratoire. Reproduisons en petit le spectacle du soleil couchant. Nous masquerons progressivement, dans la chambre obscure, une source lumineuse ; dès que son intensité sera suffisamment affaiblie, son rayonnement devra sembler vert. Hélas ! l'expérience donne un résultat négatif. Dans sa lente agonie, la lumière ne change pas de couleur : elle reste blanche en s'éteignant. Les

(1) Henri Piéron, La Nature, 25 septembre 1920.

autres radiations, rouges ou violettes, trop faibles sans doute pour être perçues chromatiquement, ne sont pas entièrement inactives : elles se combinent avec les vertes et neutralisent l'action spécifique de celles-ci ; elles entretiennent, comme en contrebande, la sensation de la couleur blanche. Pour que celle-ci disparût et que le vert seul subsistât, il faudrait qu'intervînt une cause autre que la sélectivité rétinienne. Un dispositif ingénieux a permis de perfectionner dans ce sens l'expérience manquée. Au lieu de recevoir directement les rayons, on les projette à travers un prisme de cristal sur une feuille de papier blanc. Dispersées sur l'écran, les radiations diverses, qui tantôt se combinaient, viennent maintenant influencer dans l'œil des filaments nerveux différents. Si l'on restreint progressivement le faisceau dirigé sur le prisme, on verra peu à peu le spectre se fondre par les extrémités, et si l'on prolonge la manœuvre, bientôt il ne restera plus qu'une légère plage verte. On aura produit le rayon vert.

De ces expériences, il faut conclure que la sélectivité rétinienne ne peut être la cause unique du rayon vert ; elle ne pourrait empêcher que les vibrations lumineuses, inférieures à la visibilité chromatique, ne s'opposent cependant à la perception spécifique des radiations vertes.

Couleurs complémentaires et sélectivité rétinienne, telles furent les deux sources principales d'explication physiologique du rayon vert. La première est inacceptable, la seconde est au moins insuffisante.

EXPLICATIONS PHYSIQUES

Les plus anciennes observations du rayon vert ont sans doute été faites sur horizon marin, car la première cause physique qu'on lui ait assignée fut, semble-t-il,

une action, non précisée d'ailleurs, de la mer. Il a suffi, pour anéantir cette hypothèse, qu'un jour le phénomène se produisît sur horizon terrestre : ce fut notamment le cas pour les passagers de l'*Ernest Simons :* aussi de Maubeuge insérait-il dans ses conclusions que « l'horizon de la mer n'est pour rien dans cette coloration verte ».

Exclure une hypothèse est souvent plus aisé qu'en établir une autre. De Maubeuge avait cependant, dans un mémoire antérieur, hasardé déjà une explication. Il attribuait le phénomène « à la combinaison de la couleur bleuâtre de l'air vu sous grande épaisseur, avec les projections jaunâtres ou rosées des volcans gazeux qui émergent de la photosphère solaire ». Que le rayon vert fût rare, il ne fallait pas s'en étonner s'il résultait d'une éruption volcanique solaire au moment précis où la circonférence de l'astre touchait à l'horizon et au point même de tangence.

Cette explication assez vague devait bientôt céder la place à d'autres ; elle devint en effet inacceptable dès qu'on eut signalé un phénomène semblable au rayon vert, plus durable et plus fréquent que lui, la *frange verte.* Si dans une lunette d'approche on observe le soleil assez près de l'horizon, soit par exemple dix minutes avant sa disparition, on voit son pourtour teinté de rouge en bas et de vert en haut. Plus l'astre s'approche de l'horizon, plus aussi cette irisation caractéristique gagne de terrain vers l'intérieur du soleil ; des observateurs affirment que son épaisseur peut atteindre 30 secondes d'arc dans les meilleures conditions ; on lui a donné le nom de frange verte et frange rouge qui dépeint bien le phénomène. Ceci suffit à écarter définitivement l'explication proposée par de Maubeuge. Pour rendre compte, suivant son hypothèse, d'une zone verte aussi étendue et aussi persistante, il faudrait en effet admettre une activité volcanique vraiment extraordinaire à la périphérie solaire. Et encore resterait à expliquer la frange rouge,

dont l'exacte corrélation avec la frange verte semble requérir une cause commune.

D'ailleurs, la question change maintenant d'aspect. La frange rouge, toujours au bord inférieur du soleil, n'est jamais au-dessus de l'horizon sans lui ; aussi n'est-elle jamais visible à l'œil nu. La frange verte est invisible de même et pour la même raison, tant que le disque solaire dépasse encore partiellement l'horizon. Mais quand il a disparu, seule la mince frange verte envoie son rayonnement : on a le rayon vert. Ce n'est donc plus du *rayon vert*, mais de la *frange verte* qu'il faut désormais expliquer la genèse, et, comme nous venons de le dire, il semble indispensable de justifier en même temps l'apparition d'une *frange rouge*, symétrique à la verte par rapport au centre du soleil.

Une première explication est offerte par la *réflexion totale*.

Lorsqu'un rayon lumineux vient frapper la surface polie d'un milieu transparent, il se divise généralement par réflexion et par réfringence : le rayon réfléchi regagne le milieu d'origine ; le rayon réfracté pénètre dans le nouveau milieu, en subissant un changement brusque de direction. Parfois cependant la seconde branche n'existe pas ; le rayon lumineux est entièrement réfléchi : tel est le phénomène de la réflexion totale. L'étude expérimentale a révélé qu'il se produit uniquement lorsque le rayon va d'un milieu plus dense et, partant, plus réfringent, à un milieu moins réfringent, et que l'angle du rayon avec la normale à la surface de séparation, *angle d'incidence*, dépasse une certaine valeur qu'on a nommée *angle limite*. Tout faisceau lumineux d'incidence moindre pénètre en partie dans le milieu moins dense en s'y réfractant.

La valeur de cet angle limite dépend à la fois de la nature des deux milieux et de la fréquence des radiations

lumineuses utilisées. Elle croît des radiations violettes aux rouges. Donc, si de deux faisceaux lumineux parallèles, violet et rouge, on augmente progressivement l'angle d'incidence sur la surface d'un milieu moins réfringent, le violet subira la réflexion totale avant le rouge. Si l'on fait usage d'un seul faisceau panchromatique, certaines radiations du faisceau sont réfléchies totalement avant d'autres ; il s'établit une réelle dissociation des radiations simples de la lumière blanche.

Le rayon vert pourrait ainsi être dû à une réflexion totale, dans l'atmosphère, des radiations rouges, renvoyées définitivement vers l'éther avant d'atteindre notre sol (1). Quelles sont les conditions de cette éventualité ? Il faudrait en premier lieu que le rayon lumineux rencontrât soudain, sur son parcours, un milieu moins réfringent parce que moins dense. Cela peut se produire; car si la densité atmosphérique va croissant des couches extrêmes aux couches terrestres, il arrive exceptionnellement que les assises d'air immédiatement voisines de la terre soient moins denses que celles qui les couvrent. Ainsi, aux plus chauds soirs d'été, les couches basses, surchauffées au contact du sol, sont pour autant moins réfringentes.

Mais il faut, de plus, cette double condition que l'angle d'incidence des radiations rouges et celui des radiations vertes soient en même temps le premier plus grand, le second plus petit, que leur angle limite respectif. Ceci peut sembler impossible, puisque l'angle limite est moindre pour les radiations vertes que pour les rouges. Mais il faut remarquer que les diverses radiations viennent frapper la couche moins réfringente sous des incidences différentes ; elles ont en effet, pendant la première partie de leur trajet atmosphérique, subi une réfraction plus accentuée, nous le verrons, pour le vert que pour le

(1) Nous faisons momentanément abstraction des radiations violettes et bleues ; elles sont en réalité absorbées par l'atmosphère.

rouge. Il en résulte que les radiations rouges abordent la couche renversante sous un angle plus grand que les radiations vertes. Cela peut donner l'espoir de voir se réaliser parfois la double condition énoncée plus haut. La dissociation des ondes blanches, par réflexion totale des rouges, pourrait donc s'opérer dès la première couche de densité moindre ; elle peut se produire aussi dans une des couches suivantes moins denses encore (fig. I),

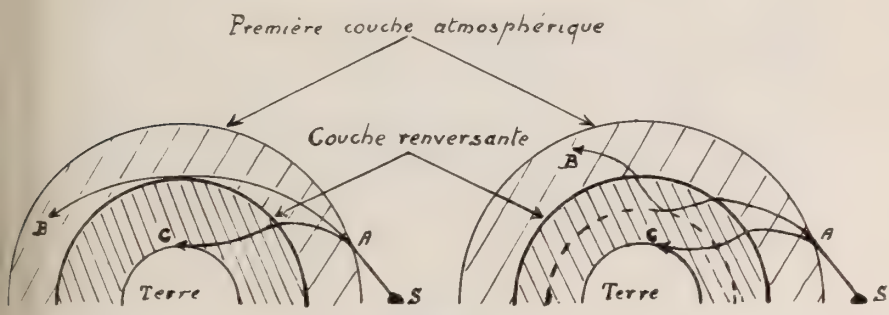

FIGURE I
Réflexion totale des radiations rouges
Au niveau de la couche renversante | Au parcours des couches moins denses
SAB trajectoire des radiations rouges
SAC trajectoire des radiations vertes

puisque la réfraction subie dans chacune tend à agrandir l'angle de l'incidence au contact avec la suivante et à lui faire dépasser ainsi la valeur limite qui lui est fixée. Cependant ce résultat devrait être obtenu assez rapidement, car, dès le niveau de la couche renversante, l'incidence des radiations vertes augmente plus vite que celle des autres ; elle peut donc elle aussi dépasser bientôt sa valeur limite ; réfléchies totalement à leur tour, les ondes vertes ne parviendraient plus à l'observateur : le rayon vert deviendrait impossible.

La réflexion totale est donc capable de provoquer un rayon vert. Les conditions qu'elle pose, y compris le renversement de la densité atmosphérique, peuvent se réaliser : chacun sait en effet qu'après des heures de

lourde chaleur règne, au-dessus de la mer par exemple (1), une atmosphère notablement moins dense qu'à des altitudes plus élevées. Cependant cette explication n'est pas suffisante. Le rayon vert ainsi engendré ne serait pas exactement celui dont de nombreuses expériences ont précisé minutieusement toutes les particularités. Celui-ci s'accompagne toujours d'une frange rouge inférieure, dont il faut rendre compte et la réflexion totale y est entièrement inapte. Il s'accompagne aussi d'une frange verte, frange dont le rayon vert n'est que le stade de visibilité à l'œil nu. La présence de cette frange est d'une régularité presque quotidienne ; aussi ne faut-il pas lui assigner comme cause unique un phénomène qui, comme un renversement dans la densité atmosphérique, reste assez exceptionnel.

Il faut poursuivre encore nos investigations.

L'explication théorique la plus commune, et la mieux fondée d'ailleurs, du rayon vert s'appuie uniquement sur *la dispersion atmosphérique normale.*

Pour en simplifier l'exposé, envisageons l'atmosphère comme un milieu gazeux de densité uniforme dont la surface supérieure serait plane. Arrivant de l'éther au contact d'un semblable milieu, le rayon de lumière blanche se réfracte, mais il se disperse en même temps. En effet, le rayon réfracté est régi par une loi bien connue : les sinus des angles que le rayon lumineux forme avec la normale à la surface de séparation de deux milieux sont dans un rapport constant qu'on a nommé l'indice de réfraction. L'usage est d'appeler respectivement *angle d'incidence i* et *de réfraction r* l'angle du rayon avec la normale dans le milieu initial et le terminal. Choisissons définitivement l'éther comme milieu initial ; l'indice de

(1) Et ne serait-ce pas là peut-être pourquoi le rayon vert fut souvent observé sur des horizons marins ?

réfraction du second milieu s'appelle alors l'indice absolu de réfraction ; on le désigne par n.

Il n'est pas difficile de tirer de cette loi une conséquence : plus l'indice de réfraction n est grand, plus petit sera l'angle de réfraction r (fig. II) et plus grande évidem-

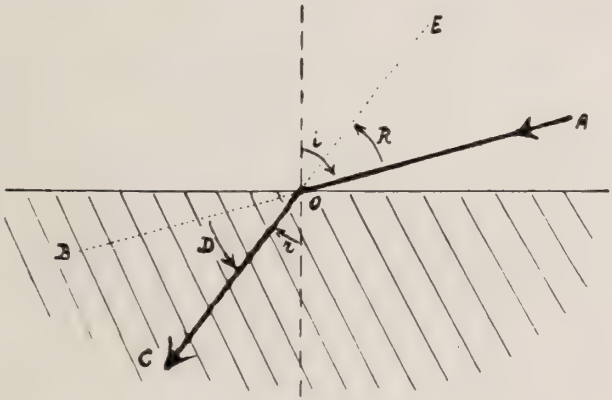

FIGURE II

ment sera la déviation D, c'est-à-dire l'angle BOC dont est rabaissée, à son passage dans le second milieu, la direction primitive AB du rayon lumineux. A cet angle de déviation en correspond un autre qui lui est égal, et que nous appellerons le relèvement R ; c'est l'angle ADE dont la direction d'un rayon est relevée pour l'œil, placé dans un milieu plus réfringent. Il importe de retenir cette conclusion : plus grand est l'indice de réfraction, plus grand sera le relèvement visuel d'un objet. Elle contient l'essentiel de l'explication du rayon vert par la dispersion atmosphérique normale.

En effet, les fréquences différentes des radiations simples donnent pour chacune une valeur diverse de l'indice de réfraction. Celui-ci va croissant du rouge au vert. Les radiations composantes de la lumière blanche émanée d'un astre sont donc dispersées, au contact de l'atmosphère, suivant des rayons réfractés différents, les radiations rouges étant moins déviées que les violettes. Pour l'ob-

servateur qui les voit suivant les directions ainsi déviées, il se produit donc un relèvement varié des couleurs, plus accentué pour le violet que pour le rouge. La lumière issue d'une étoile rigoureusement ponctuelle impressionnerait l'œil à la manière d'un spectre dont le violet formerait la partie supérieure. Pour un faisceau de rayons parallèles, comme le sont approximativement ceux du soleil à cause de l'éloignement considérable, le processus est plus compliqué ; mais une image grossière en peut donner une certaine idée. Puisque le soleil émet à la fois les radiations correspondant à toutes les nuances de la gamme des couleurs, on peut le considérer comme un ensemble de soleils fictifs superposés, violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge. L'indice de réfraction variant suivant les couleurs, les radiations des divers soleils sont, au contact de l'atmosphère, déviées différemment et du même coup l'œil relève différemment aussi les divers soleils, l'orangé plus que le rouge, le jaune plus que l'orangé, et ainsi de suite jusqu'au violet. Mais les indices de réfraction ne diffèrent que de très peu ; aussi le décalage des soleils est à peine prononcé : ils se recouvrent presque totalement l'un l'autre, ce qui recompose le rayonnement blanc du soleil vrai. Seuls les bords extrêmes du soleil le moins relevé et du plus relevé ne sont pas recouverts et gardent leur nuance propre. Ce sont la frange rouge et la frange verte (1) dont le grossissement de la lunette signale la présence aux bords inférieur et supérieur du soleil.

Cette explication par la dispersion atmosphérique normale est aisée et simple. Les conditions qu'elle sup-

(1) La frange supérieure serait violette si l'atmosphère était parfaitement transparente. En réalité, dès que le soleil est voisin de l'horizon, les radiations de faible longueur d'onde sont fréquemment absorbées par l'atmosphère. Sous nos latitudes, il n'est même pas rare que les radiations vertes le soient aussi ; c'est alors que le soleil couchant prend l'aspect rouge que l'on sait.

pose réalisées n'ont rien d'anormal : il suffit que l'atmosphère soit pure, et que l'apparition ou la disparition de l'astre soit observée aussi près que possible de l'horizon. Si cette condition n'est pas réalisée et que le soleil se couche par exemple derrière une montagne un peu élevée, le décalage entre les soleils rouge et vert n'a pas le temps de devenir suffisant pour être visible même à la lunette ; la frange verte n'est pas encore formée que déjà le rayonnement de l'astre va se buter à l'obstacle et n'arrive plus à l'observateur qui l'épie. Si au contraire l'atmosphère est impure — et c'est malheureusement le cas le plus fréquent dans nos régions — l'absorption atmosphérique s'exerce même sur le vert : ni frange verte, ni rayon vert ne peuvent se produire. Par contre, sous des latitudes mieux favorisées, l'atmosphère peut être transparente au point que non seulement les radiations vertes, mais même les bleues et les violettes ne soient pas absorbées ; c'est alors qu'on peut admirer parfois le rayon bleu ou le violet.

Deux constatations que nous avons pu faire viennent corroborer cette explication du rayon vert. Si la dispersion atmosphérique suffit à les engendrer, les deux franges doivent se retrouver au coucher et au lever des autres astres qui présentent un diamètre apparent ; à la lunette nous avons observé la lune et, de fait, nous avons pu plusieurs fois y distinguer nettement des franges colorées minces, qui donnent même, aux sommets des cratères périphériques, de fort jolis reflets. Notre seconde constatation fut toute fortuite. Le 10 juillet, par une soirée très claire, nous avions pu, vingt-cinq minutes avant le coucher du soleil, constater déjà l'irisation caractéristique du contour solaire. Le soleil présentait à cette époque un groupe de taches assez étendues.Or, nous avons nettement remarqué que pour celles-ci l'irisation était renversée : la frange rouge occupait le bord supérieur de la tache, la verte l'inférieur. A vrai dire, nous devions

nous y attendre : le bord supérieur des taches ne doit être considéré que comme le bord inférieur de la zone lumineuse qu'il limite ; à ce titre, son irisation est rouge ; par contre et pour le même motif, la frange verte se transporte au bord inférieur.

Nous n'aurions plus à chercher de nouvelle interprétation théorique du rayon vert, si l'on n'avait fait contre celle que nous venons d'étudier une assez sérieuse objection sur laquelle nous devrons revenir plus longuement. Contentons-nous de l'énoncer ici. Les lois de la réfraction permettent de prévoir par le calcul l'épaisseur de la frange verte, et par conséquent la durée du rayon vert qui correspond à la descente de la frange sous l'horizon. On obtient ainsi une épaisseur de 10 secondes d'arc, qui donnerait 2 3 de seconde comme durée de disparition. Or, le rayon vert dure parfois deux secondes bien comptées. Évidemment cette différence du simple au triple ne peut pas être passée sous silence, ni écartée comme simple erreur d'observation.

Aussi M. W. H. Julius, jugeant décisive cette objection, exposa-t-il une nouvelle explication (1). Elle repose sur la *dispersion anomale*.

Avant de définir celle-ci, il ne sera pas inutile de rappeler brièvement quelques conclusions, aujourd'hui assurées, de la spectroscopie.

Lorsque la lumière blanche d'une source lumineuse complète, le bec Auer par exemple, est dispersée par le prisme, elle s'étale en un spectre continu. Si en un point de son parcours cette lumière est assujettie à traverser une masse gazeuse de quelque épaisseur, il se forme dans le spectre une ou plusieurs raies noires. L'ensemble de ces raies dépend rigoureusement du gaz employé : pour le même gaz, le spectre est toujours sillonné des mêmes

(1) Archives néerlandaises, série 2, tome 6, 1901, page 385.

bandes obscures, et celles-ci ne se présentent jamais suivant un groupement identique pour des gaz différents. D'où une nouvelle caractéristique des gaz : leur spectre d'absorption, c'est-à-dire le spectre continu, interrompu de raies obscures, que donne une lumière blanche qui les a traversés. D'autre part un gaz, enfermé sous faible pression dans un tube de verre, devient luminescent par décharge électrique ; il émet alors une lumière que l'on peut soumettre à l'action dispersive du prisme. Le spectre qui en résulte, et qu'on a appelé le spectre d'émission du gaz, est uniquement composé de quelques raies lumineuses. Chose remarquable ! ces raies occupent précisément la place des raies obscures du spectre d'absorption, le gaz engendrant, semble-t-il, à l'état luminescent, les ondes mêmes qu'il absorbe à l'état ordinaire. D'où la loi fondamentale : *le spectre d'émission d'un gaz est le renversement de son spectre d'absorption.*

L'atmosphère terrestre possède, elle aussi, un spectre d'absorption, dont les raies obscures ont reçu le nom de raies telluriques ; elles sont facilement identifiables, car leur épaisseur croît visiblement quand le soleil se rapproche de l'horizon, l'épaisseur de la couche d'air traversée augmentant alors considérablement. Ces raies telluriques sont presque toutes situées dans les régions vertes ou vert-bleues du spectre ; ce qui fait prévoir que l'air luminescent serait de couleur verte ou vert bleuâtre.

La *dispersion anomale* consiste en ceci : certains milieux gazeux possèdent, outre la faculté d'absorber des radiations déterminées, le privilège d'une réfringence très grande ou très petite, pour les radiations immédiatement voisines de celle-ci.

Si donc l'atmosphère terrestre est capable de dispersion anomale — et l'on a quelque raison de l'admettre — les radiations spécialement déviées donneront dans leur ensemble une lumière très voisine du vert ou du bleu-vert que donnent ensemble les radiations absorbées

par l'atmosphère. Que maintenant cette dispersion anomale consiste en une réfringence *exagérée*, la déviation résultante prendra le sens d'un relèvement marqué, et le bord supérieur du soleil se couvrira d'une frange verte, dont la phase ultime donnera le rayon vert.

Cette ingénieuse explication n'a rien à redouter de la durée inattendue du rayon vert, ou plus exactement de l'épaisseur inattendue de la frange verte. La dispersion anomale se résume en effet à une valeur exceptionnelle de l'indice de réfraction d'un milieu pour certaines radiations lumineuses : cette valeur exceptionnelle n'étant soumise à aucune loi connue, pourquoi ne deviendrait-elle pas, dans ce cas, suffisante pour produire une frange verte de 30 secondes d'arc ? Rien ne peut étonner, serions-nous tenté de dire, dans les conséquences d'une propriété qui s'affiche d'emblée comme anomale (1).

Il serait cependant nécessaire que cette propriété rendît compte de toutes les particularités du phénomène, et nous nous demandons si la dispersion anomale donne

(1) M. W. H. Julius cherche à rendre compte de la rareté du rayon vert. Pour cela, dit-il, « nous n'avons qu'à attribuer aux ions libres de l'atmosphère la faculté de produire les raies d'absorption terrestres du spectre solaire ». Lorsqu'il ne se produit pas de rayon vert, c'est que l'ionisation atmosphérique est momentanément insuffisante. Cette position ne peut guère être discutée, car l'on sait peu de chose encore sur l'ionisation atmosphérique et sur ses causes.

Il est établi cependant que les couches supérieures de l'atmosphère sont presque seules ionisées. L'auteur croit y trouver de quoi expliquer que la durée du rayon vert « ne varie pas aussi vite que la réfraction ordinaire avec la hauteur où l'astre se trouve au-dessus de l'horizon ». En effet, dit-il, la dispersion anomale s'exerce dans les seules couches atmosphériques supérieures puisqu'elles sont seules ionisées, « et l'on conçoit aisément que pendant que le soleil s'approche de l'horizon, la longueur du trajet de ses rayons dans les couches élevées seules s'accroît moins vite que celle du chemin parcouru dans toute l'atmosphère ». Mais il resterait à savoir si l'action d'une réfringence anormalement accentuée et continuellement croissante pendant un trajet plus court opère nécessairement une déviation moindre que n'en produirait, pendant un trajet plus long, une réfringence beaucoup plus faible, croissante elle aussi.

raison de la frange rouge aussi bien qu'elle paraît le faire de la frange verte. Pour y réussir, peut-être fera-t-on un partage, étant donné que la dispersion anomale admet le cas de réfringence exceptionnellement faible, et que d'autre part certaines des raies telluriques — les raies A et B par exemple, dues à l'oxygène — se placent en plein rouge. La dispersion atmosphérique anomale aurait alors un double sens et produirait un double effet : relèvement maximum des radiations voisines des raies telluriques de faible longueur d'onde ; relèvement minimum des radiations voisines des raies telluriques de grande longueur d'onde (le relèvement moyen étant celui que donne aux autres radiations la dispersion atmosphérique normale).

Il serait vain d'épiloguer longuement sur la complaisance un peu lâche de cette théorie, car une expérience cruciale permet d'éliminer à coup sûr une des deux explications fondées sur la dispersion atmosphérique. En effet, si la frange verte est composée de radiations anormalement dispersées, son spectre sera de manière très approchée le spectre d'émission de l'air, ou, si l'on préfère, le spectre d'absorption atmosphérique renversé ; tandis que, si la frange verte est composée de radiations normalement dispersées, son spectre sera le spectre solaire, diminué seulement des radiations rouges.

Une alternative aussi nettement tranchée invitait à la recherche expérimentale. Messieurs Dangeon et Rougier l'ont patiemment entreprise du haut de la cathédrale de Strasbourg. Pour trancher la question, avait écrit M. Julius, « il suffira d'étudier le spectre du rayon vert, étude qui du reste promet quelques difficultés ». Messieurs Dangeon et Rougier continuent : « C'est cette étude que nous avons faite, étude beaucoup moins ardue que ne le laisse supposer Julius ; car, nous l'avons vu, si la frange verte n'est visible à l'œil nu que pendant

une ou deux secondes, des moyens puissants la révèlent pendant une dizaine de minutes, au cours desquelles on peut à loisir photographier son spectre » (1).

Cependant cette étude requérait des dispositifs ingénieux, d'autant que, pour gagner en certitude dans les résultats, les astronomes qui l'entreprenaient désiraient obtenir, sur plaques panchromatiques, la photographie des spectres de la frange rouge et du soleil couchant aussi bien que celle du spectre de la frange verte. Les précautions les plus minutieuses furent prises et les résultats sont absolument concluants.

« Le spectre du rayon vert ne diffère de celui du soleil couchant que par la suppression du rouge, séparé par la dispersion atmosphérique ; inversement, la frange du bord inférieur est limitée au rouge extrême, pour la même raison. Les raies telluriques nombreuses et nettes ont identiquement le même aspect sur ces spectres et sur celui du centre du disque, enregistré comme spectre de comparaison sur les mêmes clichés. Autrement dit, aucune trace de dispersion anomale n'est perceptible, aucun renversement des raies telluriques.

» Ces résultats tranchent la question d'une manière définitive : la seule théorie acceptable est celle de la dispersion normale entièrement conforme aux faits que nous avons observés » (2)... Et trois planches justificatives, malheureusement non colorées, accompagnent le texte.

A côté des découvertes de plus grande envergure, dont elle fut déjà l'occasion ou l'instrument, l'analyse spectrale aura donc aussi projeté une lumière définitive sur la question du rayon vert.

Mais nous avons laissé sans réponse la difficulté soulevée au sujet de la durée trop longue du rayon vert.

(1) L'Astronomie, 34e année, 1920, page 516.
(2) Ibid.

Monsieur Guillaume, directeur du Bureau international des Poids et Mesures, l'avait presque formulée, alors qu'il ne cherchait qu'à déterminer la durée théorique du rayon vert, au cas où celui-ci aurait pour cause la dispersion atmosphérique. « Le relèvement d'un astre à l'horizon... est de 36 minutes d'arc, correspondant pour la descente verticale à 144 secondes de temps... D'autre part, l'indice moyen de l'air est 1,000292 alors qu'entre le rouge et le vert moyens l'écart des indices est 0,000002, soit 1/146 de la réfringence de l'air ;... le vert doit donc achever de disparaître assez exactement une seconde après le rouge » (1). Il suffit d'ajouter que le rayon vert dure parfois plus longtemps pour avoir la difficulté de Monsieur Julius.

On saisit aisément le raisonnement de Monsieur Guillaume (2). Appelons *réfringence* d'un milieu l'excès de son indice de réfraction sur l'unité, soit donc $(n - 1)$. Pour une réfringence nulle, aucune réfraction ne se produit ; que la réfringence cesse d'être nulle, aussitôt la déviation est manifeste et pour une même incidence elle augmente avec la réfringence. Admettons momentanément qu'elle lui soit proportionnelle, la constante de proportionnalité étant une valeur K que nous n'avons pas à préciser ici ; nous obtenons $D = K(n - 1)$. Si l'on veut bien remarquer que la frange verte représente la différence entre les relèvements respectifs des couleurs verte et rouge $(D_v - D_r)$ entre lesquelles l'écart des indices atmosphériques $(n_v - n_r)$ est connu, on aura pour l'épaisseur de la frange verte : $(D_v - D_r) = K(n_v - n_r)$. Éliminons la constante, puisque nous connaissons la déviation D_j des rayons jaunes, due à une réfringence moyenne $(n_j - 1)$, connue elle aussi. Il vient

(1) L'Astronomie, décembre 1919.

(2) Celui de MM. Julius, Dangeon et Rougier est d'ailleurs identique.

l'équation suivante : $D_v - D_r = \frac{n_v - n_r}{n_j - 1} D_j$, qui donne l'épaisseur de la frange verte.

Ce raisonnement part d'un postulat : la déviation d'un rayon lumineux est proportionnellle à la réfringence, au sens précédemment défini. Démontrer ce postulat est aisé, dans l'hypothèse d'une densité uniforme et d'incidences très faibles. Mais l'appliquer à de grandes incidences et à des milieux de densité variable n'est légitime qu'en toute première approximation ; il se pourrait que la deuxième approximation réservât quelque surprise.

Ce n'est pas d'ailleurs la seule réponse à la difficulté.

En premier lieu, il importe de déclarer exactement ce qui a été constaté d'anomal. A-t-on vraiment mesuré une épaisseur de 30 secondes d'arc de frange verte, mettant deux secondes à disparaître ? N'a-t-on pas plutôt enregistré des durées de deux secondes de disparition, d'où l'on a conclu à des épaisseurs d'une demi-minute d'arc ? Cette conclusion hâtive ne jouirait pas d'une entière exactitude. Jamais en effet on ne trouve mention d'une durée plus longue du rayon matinal. Or, celui du soir — nous en avons fait la remarque — est inconsciemment prolongé par le mécanisme physiologique de l'œil que ne viennent pas troubler des excitants ultérieurs suffisants. D'autre part, le rayon vert n'attend pas, pour paraître, que la zone blanche du soleil ait complètement disparu ; il lui suffit que cette zone soit devenue assez petite pour que son rayonnement soit anéanti par celui de la frange verte.

En second lieu, il faudrait savoir si ces durées de deux secondes se renouvellent avec une fréquence quelque peu régulière, ou si peut-être elles ne sont qu'une rare exception. Auquel cas volontiers nous passerions outre. Car nos hypothèses gardent l'imprécision d'une simple approximation. Nous n'avons tenu aucun compte des irrégularités manifestes de la densité de l'air et, partant,

de sa réfringence. Elles sont pourtant cause de déformations parfois considérables du disque solaire à l'horizon ; la frange verte prend, elle aussi, en de telles circonstances, des contours très inattendus : le plus souvent elle augmente d'épaisseur, ce qui justifie entièrement nos réserves. Mais surtout, il est grand temps de le faire remarquer, l'homogénéité atmosphérique est un mythe, dont la seule utilité fut de simplifier nos calculs, en les faussant peut-être un peu. En fait, la densité atmosphérique, et partant sa puissance de réfraction, va croissant, d'une manière habituellement continue, des couches supérieures aux inférieures. Le rayon lumineux ne voyage pas en ligne droite ; il dessine une courbe. La tangente à cette courbe au point d'arrivée donne la direction apparente de la source lumineuse originelle. Cette direction forme, avec la direction du rayon lumineux pénétrant dans l'atmosphère, un angle qui mesure la déviation subie en cours de route. Il importe d'en connaître la valeur exacte, puisque l'épaisseur de la frange verte n'est autre chose que l'excès de la déviation subie par les rayons verts sur celle des rouges. On obtient une première valeur approchée en supposant l'atmosphère ramenée à une densité homogène. Sa réfringence doit alors être la réfringence absolue de la couche atmosphérique terrestre elle-même. En effet, un rayon lumineux, arrivant du vide et traversant une série de milieux transparents homogènes de densités diverses, n'est pas d'autre direction au bout de sa course, que s'il était venu frapper directement le dernier milieu sous la même incidence originelle (1). La déviation totale est ainsi

(1) La démonstration est facile.

Soient deux milieux superposés A et B, dont les indices absolus soient n_a et n_b. Un rayon venant du vide suivant une incidence i_1 sur le milieu A prend une direction telle que $\sin r_1 = \frac{\sin i_1}{n_a}$. A cause du parallélisme des faces, cette direction est celle de son incidence i_2

définie par la réfringence du dernier milieu parcouru. Pour le cas de l'atmosphère, la couche voisine de la terre intervient donc seule.

Il ne peut malheureusement pas entrer dans la ligne

au passage en B qui le soumet à une seconde réfraction dont l'indice est cette fois $\frac{n_b}{n_a}$. Dès lors la direction du rayon dans le second milieu est telle que $\sin r_2 = \frac{\sin i_1}{n_a} : \frac{n_b}{n_a} = \frac{\sin i_1}{n_b}$. Elle serait évidemment la même si le rayon était venu frapper directement le second milieu. Il suffit d'étendre ce raisonnement de proche en proche aux couches différentes.

A vrai dire, l'atmosphère ne réalise pas les conditions posées dans cette démonstration : sa densité varie de façon continue et, si même l'esprit y substitue un nombre considérable de couches peu épaisses de densités à peine différentes, encore ces couches sont-elles approximativement sphériques et non planes. De fait, cette considération atteint notre raisonnement, mais c'est pour accentuer encore nos avantages. En effet, l'angle d'incidence sur chacune des couches n'est plus égal à l'angle de réfraction du niveau précédent; il lui est supérieur d'une quantité définie par l'angle ω_1, ω_2... (fig. III),

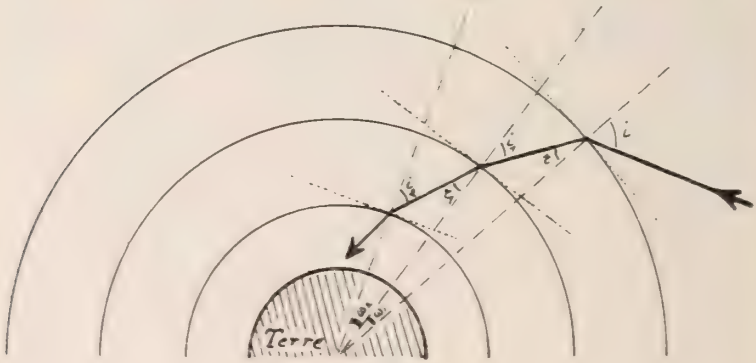

FIGURE III

que font ensemble les deux rayons tracés du centre de la terre aux points d'incidence du faisceau lumineux sur les couches considérées. A chaque couche, l'incidence est donc accentuée d'autant. Le relèvement qui en résulte est plus marqué, lui aussi, et, à cause de la différence des indices, il l'est proportionnellement plus pour le vert que pour le rouge, ce qui augmente encore l'épaisseur de la frange verte.

de cet article de calculer si la réfringence de cette couche atmosphérique peut devenir assez élevée pour rendre raison des épaisseurs que l'on sait. Remarquons au moins que la réfringence atmosphérique dépend de plusieurs éléments, notamment de la pression barométrique et de la température, éléments très variables dont l'influence en la matière n'est nullement négligeable en seconde approximation ; elle dépend aussi de la distance zénithale apparente de l'astre repéré, et chacun sait que pour des valeurs de 85 degrés et au delà — ce qui est le cas à l'horizon — on doit s'attendre à des différences anomales entre la réfraction vraie et celle que faisait prévoir le calcul.

La difficulté, soulevée contre l'explication du rayon vert par la dispersion normale, est loin d'être aussi définitive qu'on eût pu le penser. Nous avons signalé de nombreuses influences, minimes certes, mais qui concourent toutes à accentuer l'épaisseur de la frange verte, à prolonger donc la durée du rayon vert. Nous ne sommes pas parvenu, il est vrai, à fixer, par une formule mathématique rigoureuse, la durée du phénomène à deux secondes ; ce résultat n'est du reste pas à espérer, puisqu'une durée aussi longue ne paraît pas être normale ; nous préférons donc la considérer franchement comme exceptionnelle, heureux d'avoir montré qu'elle ne peut mettre sérieusement en cause le bien-fondé de l'explication du rayon vert par la dispersion atmosphérique normale. Celle-ci bénéficie d'ailleurs, comme d'une preuve irréfutable, du témoignage lumineux qu'a déposé en sa faveur la voix autorisée de l'analyse spectrale.

Expliquer le rayon vert, ce n'est pas étendre de beaucoup le royaume de la Science. Passe-temps de vacances, dira-t-on, ou distraction d'amateur. L'on aurait tort : le moindre phénomène physique contient sa petite parcelle de vérité, et nous n'en pouvons négliger délibérément

aucune. Le problème dont on vient de parcourir à grands traits les solutions successives ne mène-t-il pas d'ailleurs à un heureux résultat ? La donnée initiale était étrange, presque bizarre : un astre à lumière blanche se levant et se couchant en lueur verte. La cause eût pu en être une propriété physique ignorée jusqu'ici, et c'eût été la fortune d'un nom de la découvrir. Voici qu'au contraire — c'est aussi beau sans doute — l'observation savante et méthodique parvient à rattacher cette donnée initiale déconcertante à une loi physique élémentaire connue depuis des siècles : la loi de la réfraction, et à une propriété connue de longue date aussi : la composition de la lumière blanche en radiations simples colorées. Dans ces éléments si anciens de l'Optique, la frange verte et le rayon vert sont contenus en germe. Il eût été possible de les prévoir depuis longtemps par une déduction théorique avant d'en avoir rien appris par l'observation.

Mais le rôle de la pauvre science humaine est bien plus souvent d'expliquer que de prédire.

R. Lange, S. J.

Pierre Duhem

(1861-1916)

Notice sur ses travaux relatifs à l'histoire des sciences

(Suite et fin) (1)

V. — *L'essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*

Avec les *Études sur Léonard de Vinci*, nous avons terminé l'analyse des travaux de Duhem relatifs à l'histoire de la mécanique ; nous commençons, dans ce chapitre, l'examen de ses recherches d'histoire sur les doctrines cosmologiques. Il se proposait d'y consacrer un grand ouvrage en douze volumes, resté malheureusement inachevé. Nous en parlerons au chapitre suivant. Mais pour s'orienter dans ce long et érudit travail, il est presque indispensable d'avoir lu d'abord l'*Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée* (2), dont nous allons dire quelques mots.

L'*Essai* est moins une œuvre de recherche qu'un pré-

(1) Voir Revue des Questions scientifiques, juillet 1921.

(2) ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ. *Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*. Paris, Hermann, 1908.

L'ouvrage avait paru en articles dans les Annales de Philosophie chrétienne, 79e année, t. 156, Paris, Bloud, 1908, pp. 113-139, 277-302, 352-377, 482-514 et 563-592.

cis, qui a toutes les qualités que l'on demande à un précis. Il est clair, substantiel, ne se perd pas dans les détails, se contente de tracer les grandes lignes du sujet, mais les dessine sans raideur en les ornant de traits bien choisis. Nous ne reconnaîtrions pas Duhem, si, suivant son habitude, il n'y soutenait une thèse. Je crois cette fois pouvoir la formuler comme suit :

Au temps de Platon, il y avait deux physiques distinctes, totalement indépendantes l'une de l'autre : la physique des corps célestes et celle des corps sublunaires. On croyait les premiers corps incorruptibles ; on voyait les seconds sujets à de perpétuels changements. Ces derniers naissaient et périssaient. Les phénomènes qu'on y observait étaient grossiers et ne pouvaient, croyait-on, faire l'objet d'une théorie physique. Tout au plus admettait-on une légère exception pour l'optique et la statique ; mais ces sciences étaient si rudimentaires qu'elles passaient inaperçues.

Il en était tout autrement pour l'astronomie, la science sublime par excellence. Tout pouvait y être l'objet de prévisions, tout pouvait s'y soumettre au calcul. Mais là deux écoles étaient en présence : l'école réaliste, à vrai dire la plus en vogue ; et l'école purement géométrique. A la longue, une saine interprétation des phénomènes devait nécessairement assurer le triomphe de la seconde sur la première. Duhem entreprend de nous dire en combien d'étapes successives et après quelles péripéties elle finit par remporter la victoire. En sept chapitres, il s'arrête à sept époques qu'il intitule : *La science hellénique. La philosophie des Arabes et des Juifs. La scolastique chrétienne du Moyen Age. La renaissance avant Copernic. Copernic et Rhéticus. De la préface d'Osiander à la réforme grégorienne du calendrier. De la réforme grégorienne du calendrier à la condamnation de Galilée.*

Parmi les faits historiques rappelés dans les derniers chapitres, il convient, à propos d'Osiander, de remarquer

plus particulièrement celui-ci : Copernic, Kepler, Galilée d'une part, les adversaires du système héliocentrique, d'autre part, admettaient le même principe péripatéticien : « Une hypothèse fausse en philosophie n'est pas recevable en astronomie ». La terre tourne ou elle est immobile; il n'y a pas à sortir de là. Cette question doit être tranchée tout d'abord, puis l'astronomie s'édifier sur la solution que la philosophie y aura donnée.

Au contraire, pour André Osiander, qui édita Copernic et écrivit la célèbre « Préface » du traité *Des révolutions des Globes célestes* (1), cette réponse de la philosophie est chose parfaitement indifférente. L'astronomie est une science de mathématiques pures. Les hypothèses dont on y part doivent représenter bien les phénomènes, permettre de les prévoir, se prêter commodément au calcul ; c'est tout. On voit la conséquence : pour ceux qui entendent l'astronomie à la manière d'Osiander, la querelle relative à la rotation de la terre n'a plus de sens. Un corps se meut ou reste immobile par rapport à un système d'axes de coordonnées, qui lui-même est simplement *supposé* immobile. Bellarmin et Urbain VIII, nous dit Duhem, conseillaient à Galilée d'adopter cette manière de voir. Voici un extrait de ce qu'il nous rappelle à ce sujet (2) :

« Les physiciens de notre temps ont pesé plus minutieusement que leurs prédécesseurs l'exacte valeur des hypothèses employées en astronomie et en physique. Ils ont vu se dissiper bien des illusions, qui naguère encore passaient pour des certitudes ; force leur est de reconnaître aujourd'hui que la logique était du parti d'Osian-

(1) *Nicolai Copernici Torunensis De revolutionibus orbium coelestium libri* VI... Norimbergae, apud Ioh. Petreium. Anno M.D.XLIIII.

L'ouvrage s'ouvre par une préface anonyme, que l'on a su depuis être de l'éditeur André Osiander. Elle est intitulée : Ad Lectorem. De hypothesibus hujus Operis. Dans l'édition princeps de Nuremberg, elle se trouve f° 1r°-2v° non numérotés.

(2) P. 136.

der, de Bellarmin et d'Urbain VIII, et non du parti de Kepler et de Galilée ; que ceux-là avaient compris l'exacte portée de la méthode expérimentale et qu'à cet égard ceux-ci s'étaient trompés. »

Mais, s'il en est ainsi, objectera-t-on, Copernic, Kepler, Galilée ne sont donc plus les grands hommes que nous croyions ! Ce ne sont plus les créateurs de l'astronomie moderne !

Déduction illogique tirée de nos paroles, se hâte de répondre Duhem. En s'enthousiasmant pour une idée fausse, mais qu'ils croyaient vraie, Copernic, Kepler et Galilée ont fait œuvre féconde, car, sans le savoir, ils ont puissamment contribué à établir la vérité.

Cette partie des conclusions de Duhem est assez complexe. Pour lui enlever son apparence presque paradoxale, il est nécessaire de la transcrire en entier (1).

« Lorsqu'un Copernic, lorsqu'un Kepler, lorsqu'un Galilée déclarait que l'astronomie doit prendre pour hypothèses des propositions dont la vérité est établie par la physique, cette affirmation, une en apparence, renfermait en réalité deux propositions bien distinctes.

» Une telle affirmation, en effet, pouvait signifier que les hypothèses de l'astronomie étaient des jugements sur la nature des choses célestes et sur leurs mouvements réels ; elle pouvait signifier qu'en contrôlant la justesse de ces hypothèses, la méthode expérimentale allait enrichir nos connaissances cosmologiques de nouvelles vérités. Ce premier sens se trouvait, pour ainsi dire, à la surface même de l'affirmation, il apparaissait tout d'abord ; c'est ce sens-là que les grands astronomes du XVIe siècle et du XVIIe siècle voyaient clairement, c'est celui qu'ils énonçaient d'une manière formelle, c'est enfin celui qui ravissait leur adhésion. Or, prise avec cette signification, leur affirmation était fausse et nuisible ;

(1) Pp. 139 et 140.

Osiander, Bellarmin et Urbain VIII la regardaient, à juste titre, comme contraire à la logique ; mais il a fallu que cette affirmation engendrât en la science humaine, d'innombrables méprises pour qu'on se décidât enfin à la rejeter.

» Sous ce premier sens illogique, mais en apparence séduisant, l'affirmation des astronomes de la Renaissance en contenait un autre ; en exigeant que les hypothèses de l'astronomie fussent d'accord avec les enseignements de la physique, on exigeait que la théorie des mouvements célestes reposât sur des bases capables de porter également la théorie des mouvements que nous observons ici-bas ; on exigeait que le cours des astres, le flux et le reflux de la mer, le mouvement des projectiles, la chute des graves fussent sauvés à l'aide d'un même ensemble de postulats, formulés en la langue des mathématiques.

» Or, ce sens-là restait profondément caché ; ni Copernic, ni Kepler, ni Galilée ne l'apercevaient nettement ; il demeurait cependant, dissimulé, mais fécond, au-dessous du sens clair, mais erroné et dangereux, que ces astronomes saisissaient seul. Et tandis que la signification fausse et illogique qu'ils attribuaient à leur principe engendrait des polémiques et des querelles, c'est la signification vraie, mais cachée, de ce même principe qui donnait naissance aux essais scientifiques de ces inventeurs ; lorsqu'ils s'efforçaient de soutenir l'exactitude du premier sens, c'est à établir la justesse du second sens qu'ils tendaient sans le savoir ; lorsque Kepler multipliait ses tentatives pour rendre compte du mouvement des astres à l'aide des propriétés des cours d'eau et des aimants, lorsque Galilée cherchait à accorder la course des projectiles avec le mouvement de la terre, ou à tirer de ce dernier mouvement l'explication des marées, ils croyaient prouver, l'un et l'autre, que les hypothèses coperniciennes ont leur fondement en la nature des choses,

mais la vérité qu'ils introduisaient peu à peu dans la science, c'est qu'une même dynamique doit, en un ensemble unique de formules mathématiques, représenter le mouvement des astres, les oscillations de l'océan, la chute des graves ; ils croyaient renouveler Aristote, ils préparaient Newton.

» En dépit de Kepler et de Galilée, nous croyons aujourd'hui, avec Osiander et Bellarmin, que les hypothèses de la physique ne sont que des artifices mathématiques destinés à *sauver les phénomènes ;* mais, grâce à Kepler et à Galilée, nous leur demandons de *sauver à la fois tous les phénomènes* de l'univers inanimé. »

Avant de terminer ce chapitre et de passer à l'analyse du *Système du Monde*, je ne puis oublier de dire encore que dans sa *Notice sur ses Titres et ses Travaux scientifiques*, Duhem a rappelé à ses futurs collègues de l'Institut (1), qu'il avait « esquissé la genèse de la doctrine de l'attraction » dans *La Théorie physique, son Objet, sa Structure*, ouvrage important qui parut en volume (2),

(1) P. 168.

(2) Paris, Chevalier et Rivière, 1906. L'ouvrage a été traduit en allemand : *Ziel und Struktur der Physikalischen Theorien.* Autorisierte Uebersetzung von Dr Friedrich Adler, Privatdocent an der Universität Zurich. Mit einem Vorwort von Ernst Mach. Leipzig, J. A. Barth, 1908. Il eut aussi une deuxième édition française augmentée. Paris, Rivière, 1914.

Les augmentations, la première surtout, sont très importantes et consistent en la réédition de deux articles de date relativement récente :

1° *La physique du croyant* publié dans les Annales de Philosophie chrétienne (77e année, 4e série, t. I, Paris, Bloud, octobre et novembre 1905, pp. 44-69 et 133-159). Cet article nous semble être celui où Duhem précise le plus clairement ses idées sur la nature des hypothèses physiques. Il est écrit pour réfuter une étude de M. Abel Rey, dont Duhem parle d'ailleurs en termes élogieux : *La philosophie scientifique de M. Duhem*, qui avait paru dans la Revue de Métaphysique et de Morale (12e année, Paris, juillet 1905, pp. 699 suiv.).

2° *La valeur de la théorie physique. A propos d'un livre récent,* publié dans la Revue générale des Sciences pures et appli-

après avoir été d'abord publié en articles dans la REVUE DE PHILOSOPHIE (1). Dans cet ouvrage les considérations philosophiques l'emportent, naturellement, sur les recherches historiques, qui n'y figurent qu'à titre d'exemples.

VI. — *Le Système du Monde*

Le Système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic (2) est un ouvrage très considérable. Dans le plan de l'auteur il comprenait douze volumes grand in-8° de cinq à six cents pages chacun ; seuls les cinq premiers ont paru. Duhem se proposait de nous y fournir la documentation de la vaste enquête historique qu'il a résumée dans le volume que nous venons d'analyser au chapitre précédent. L'*Essai sur la Notion de théorie physique* et notamment sa conclusion finale, doivent servir de fil conducteur à ceux qui lisent pour la première fois le *Système du Monde*. L'érudition de l'auteur y est incomparable, mais, comme dans les *Études sur Léonard de Vinci*, elle pèche par l'excès de ses qualités. A une première lecture, il semble que l'on s'engage dans un labyrinthe. Voilà pourquoi je conseille avec instance de saisir le fil d'Ariane avant d'y entrer.

QUÉES (19e année, Paris, 1908, pp. 7-19). Ce livre récent est la thèse de doctorat ès-lettres de M. Abel Rey : *La théorie de la Physique, chez les physiciens contemporains* (1 vol. in-8° de VI-412 pages ; Paris, Félix Alcan, 1907).

Le passage de la *Théorie physique, son objet, sa structure*, dans lequel Duhem esquisse la genèse de la doctrine de l'attraction, est le § 2 du chapitre VII intitulé : « Les hypothèses ne sont pas le produit d'une création soudaine, mais le résultat tiré d'une évolution progressive. Exemple tiré de l'attraction universelle » (2e éd., pp. 336-384).

(1) Paris, Chevalier et Rivière. T. IV, 1904, pp. 387-402, 542-556, 643-671. T. V, 1904, pp. 121-160, 241-263, 353-369, 535-562, 712-737. T. VI, 1905, pp. 25-43, 267-292, 377-399, 521-559, 619-641. Le chap. VII, § 2 s'y trouve, t. VI, 1905, pp, 521-559.

(2) Paris, Hermann. Le tome I parut en 1913, le tome II en 1914, le tome III en 1915, le tome IV en 1916 et le tome V en 1917.

Ce qui fait, cette fois, qu'on étouffe de nouveau sous la multitude des renseignements accumulés, c'est que, l'ouvrage étant resté inachevé, il nous en manque la synthèse. Mais, cette observation faite, je me hâte de dire qu'il est très intéressant, très instructif, et ce d'autant plus qu'il est unique en son genre.

Duhem, dans *Le Système du Monde*, ouvre, disions-nous, une enquête. Il y acte avec impartialité les dépositions des témoins et ces dépositions souvent fort neuves sont loin d'être toujours concordantes. Puis, l'enquêteur réunit les dépositions par groupes, et de chacun de ces groupes fait un chapitre d'histoire clair et vivant. Nos lecteurs ont pu jadis s'en convaincre par deux de ces chapitres qui ont paru dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. *La physique néo-platonicienne au moyen âge* (1). *La précession des équinoxes selon les astronomes grecs et arabes* (2).

Nous ne saurions trop regretter que cette enquête ait été brusquement interrompue ; nous en ignorerions le résultat final si, comme nous l'avons dit, nous ne le connaissions par l'*Essai sur la notion de Théorie physique.*

L'*Essai* et le *Système du Monde* se présentent cependant à nous sous des aspects différents. Dans un précis, comme l'*Essai*, l'histoire de la science prend aisément une allure factice et fait songer à un torrent encaissé qui se précipite par bonds et roule en cascades successives. Dans un vaste traité comme le *Système du Monde*, elle apparaît sous l'image plus vraie d'un large fleuve, qui déverse lentement ses eaux en un cours calme et majestueux. C'est dire que nous chercherions vainement dans le *Système du Monde*, la division tranchée de l'histoire en sept étapes, qui faisaient l'objet des sept chapitres de

(1) T. 68, Louvain, 1910, pp. 10-60.

(2) T. 71, Louvain, 1912, pp. 55-87 et 465-510 ; t. 72, id., 1912, pp. 45-89.

l'*Essai*. La science n'avance pas ainsi par de brusques à-coups et Duhem a voulu nous le rappeler quand il prit pour épigraphe de son *Système du Monde* cette pensée de Roger Bacon : « Nunquam in aliqua aetate inventa fuit aliqua scientia, sed a principio mundi paulatim crevit sapientia et adhuc non est completa in hac vita » (1).

Les trois premières parties du *Système du Monde* ont seules paru ; encore la dernière est-elle demeurée inachevée.

La simple énumération des matières traitées en montrera la richesse et la variété ; mais le lecteur en appréciera aussi la nouveauté, s'il veut bien se rappeler, qu'à part la période hellénique, Duhem défriche un terrain vierge, presque inexploré avant lui.

Dans la première partie, laissant intentionnellement de côté tout ce qu'auraient peut-être pu lui apprendre les antiquités assyriennes et égyptiennes, l'auteur a cru suffisant de commencer ses recherches par l'astronomie de Pythagore. Puis il passe successivement en revue l'astronomie de Platon, les sphères homocentriques d'Eudoxe, la physique d'Aristote, les théories du temps, du lieu et du vide après Aristote. J'indiquerai tantôt un mémoire dans lequel Duhem reprend le sujet traité dans ce chapitre.

Viennent ensuite la dynamique des Hellènes après Aristote ; les astronomes héliocentriques, notamment Héraclide du Pont ; l'astronomie des excentriques et des épicycles ; les divers essais d'évaluation des dimensions du monde ; les physiciens et astronomes grecs et arabes des premiers siècles de l'ère chrétienne ; la précession des équinoxes ; la théorie des marées et l'astrologie. En neuf cents pages, ces chapitres nous conduisent

(1) « Jamais, en aucun âge, une science quelconque ne fut trouvée. Mais, dès le commencement du monde la sagesse s'est développée peu à peu, et jusqu'ici elle n'a pas été parfaite en cette vie ».

jusque vers la fin du tome deuxième. Il serait banal et d'ailleurs faux de dire que Duhem a épuisé le sujet. On n'épuise pas un sujet aussi vaste que celui de l'astronomie grecque. Nous exprimerons notre opinion en disant, avec plus de mesure et de vérité, qu'il ne sera désormais plus possible de parler en connaissance de cause de l'astronomie hellène sans avoir lu Duhem. Le professeur de Bordeaux n'est pas resté inférieur à Schiaparelli.

Avant de passer outre et à propos de l'astrologie des Grecs et des Arabes, je signalerai l'article sur l'*Astrologie au Moyen Age*, qui parut, en 1914, dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1).

La seconde partie du *Système du Monde* est intitulée : *L'astronomie latine au Moyen Age*. Ce titre n'en donne pas une idée adéquate ; car, nous y trouvons d'abord un chapitre important et bien neuf qui ne rentre que difficilement sous cette rubrique, c'est la cosmologie des Pères de l'Eglise.

Il n'est guère plus aisé d'y ramener la première moitié du chapitre suivant : « l'initiation des Barbares ». Duhem nous y parle de saint Isidore de Séville et de saint Jean Damascène ; mais à la fin du chapitre, avec Hugues de Saint-Victor, avec Pierre Abélard, avec Pierre Lombard nous sommes enfin introduits en plein Moyen Age.

Dans le chapitre III, Duhem nous fait l'histoire du système héliocentrique d'Héraclide du Pont au Moyen Age. Ce chapitre n'est en grande partie que la réédition de celui qui avait paru dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, mais sous le titre différent de *La physique Néo-Platonicienne au Moyen Age*. Nous l'avons mentionné ci-dessus. Il faut dire que le nouveau titre est mieux approprié au sujet que le premier.

Nous rencontrons ensuite le tribut apporté par les

(1) T. 76, Louvain, 1914, pp. 349-391.

Arabes à la physique et à la cosmologie avant le treizième siècle ; puis l'auteur passe au treizième siècle lui-même. Il nous parle successivement de l'astronomie des séculiers avec Jean Sacro Bosco et Campanus de Novare ; de l'astronomie des Dominicains avec Albert le Grand, Vincent de Beauvais et saint Thomas d'Aquin ; de l'astronomie des Franciscains avec Alexandre de Halès, saint Bonaventure, Roger Bacon et Jean Duns Scot. Je ne relève que les plus beaux noms. Enfin, la seconde partie du *Système du Monde* se termine par deux chapitres consacrés respectivement aux astronomes et aux physiciens de l'École de Paris et un chapitre sur l'École italienne. Nous sommes ainsi parvenus au milieu du quatrième volume.

Duhem a intitulé la troisième partie : *La crise de l'Aristotélisme.* Il est bon de s'y mettre tout d'abord en garde contre une méprise. Un coup d'œil trop rapide jeté sur la table des matières pourrait faire croire que l'auteur, comme dans ses *Origines de la Statique*, a dû, par suite de plus amples lectures, revenir après coup en arrière. Cette fois, cela n'est pas. Si certains personnages qu'il nous a déjà présentés vont repasser une seconde fois sous les yeux, le double aspect sous lequel ils nous sont montrés a été de prime abord arrêté dans le plan du professeur de Bordeaux. L'aristotélisme, il faut se le rappeler, est pour lui l'obstacle qui, pendant des siècles, s'est opposé au progrès de la physique et de l'astronomie ; c'est l'aristotélisme qui, par son culte outré de la métaphysique, a empêché les sciences de prendre la forme de théories mathématiques pures. Il était donc naturel d'étudier à fond le premier effort considérable qui fut fait pour dégager la science de l'étau dans lequel elle était enserrée. Consacrer une partie entière de l'ouvrage à *La crise de l'Aristotélisme* était chose tout indiquée.

Cette remarque faite, voici, aussi bref que possible, l'aperçu des sujets traités. Il y a d'abord plusieurs chapi-

tres relatifs aux Arabes. Ce sont : Les sources du néo-platonisme arabe ; le néo-platonisme arabe lui-même ; la théologie musulmane et Averroès ; examen d'autres travaux d'Averroès ; Scot Erigène et Averroès ; la khabale ; Moïse Maimonide et ses disciples. Ces sujets seront vraisemblablement tous absolument neufs pour la plupart de ceux qui en prendront connaissance ; car on lit bien, plus ou moins distraitement, dans les manuels d'histoire, que les Arabes ont eu une brillante période de culture scientifique ; mais on a moins souvent sous la main, des ouvrages qui nous disent, avec pièces justificatives à l'appui comme ici, ce qu'était exactement la science des Arabes.

Avec le chapitre sur les « Premières infiltrations de l'aristotélisme dans la scolastique », nous revenons au Moyen Age chrétien. Un second chapitre nous parle de Guillaume d'Auvergne, Alexandre de Halès et Robert Grosse-Tête. Suit un troisième chapitre sur « Les questions de Maître Roger Bacon ». Trois autres encore traitent d'Albert le Grand, saint Thomas d'Aquin et Siger de Brabant ; après quoi l'ouvrage se clôt brusquement.

En aurons-nous quelque jour la suite ?

Le cahier des Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, consacré au souvenir de Duhem, annonçait (1) comme devant paraître en 1918, un sixième volume ayant pour objet le « Reflux de l'aristotélisme ». Il annonçait de même pour 1919, un septième volume, sur « La physique parisienne au XIVe siècle ». Pourquoi n'ont-ils pas paru ? Il y a lieu d'espérer que c'est uniquement par suite des circonstances difficiles du moment. Les manuscrits de ces volumes existent et ont été déposés à la Bibliothèque de l'Institut. Je dois ce renseignement à l'obligeance de M. E. Jordan, dont nous avons cité ci-dessus la biogra-

(1) P. 43.

phie de Duhem. Leur impression subit plutôt, croyons-nous, un simple retard, qu'une interruption définitive.

Autre réflexion :

A partir du second, les volumes du *Système du Monde* se terminent par une liste des manuscrits consultés par l'auteur. Cette constatation, assez indifférente en apparence, fait cependant naître un regret et m'engage à formuler un vœu.

Pour qui veut apprendre l'histoire de l'astronomie, le meilleur guide reste toujours Delambre. C'est que pour étudier en connaissance de cause l'histoire d'une science, il n'est, on ne saurait trop le répéter, qu'une méthode : la lecture des auteurs originaux qui l'ont créée. Or, pour l'intelligence du texte des astronomes anciens, Delambre est un initiateur incomparable.

On ne saurait, dès à présent, faire jouer au *Système du Monde* de Duhem, un rôle analogue à celui de l'*Histoire de l'Astronomie* de Delambre. Les ouvrages analysés par Delambre sont imprimés et on les trouve dans toutes les grandes bibliothèques. Les manuscrits dépouillés par Duhem n'existent, cela va de soi, qu'en exemplaire unique et sont par suite inaccessibles à la plupart des lecteurs. Il faudrait de toute nécessité publier les principaux d'entre eux. Duhem en avait formé le projet et en fit un jour part à ses collègues de l'Institut (1). Il avait même commencé à mettre la main à l'œuvre, comme nous le verrons dans le dernier chapitre de ce travail. L'entreprise interrompue devrait être poursuivie. Jadis Paul Tannery a publié dans les NOTICES ET EXTRAITS DES MANUSCRITS DE LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE ET AUTRES BIBLIOTHÈQUES, le *Traité du Quadrant de Maître Robert Anglès* (2), et, en collaboration avec M. l'abbé Clerval,

(1) *Sur les origines du principe des déplacements virtuels.* COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, t. 141, Paris, Gauthier-Villars, 1905, p. 526.

(2) Publiés par l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, Paris, 1897, t. XXXV, pp. 561-640.

Une correspondance d'Écolâtres du XIe *siècle* (1). C'est un exemple à imiter. La publication des principaux manuscrits étudiés par Duhem serait d'une indiscutable utilité et leur place dans la collection des NOTICES ET EXTRAITS est tout indiquée. Puissions-nous les y lire un jour et puisse ce jour n'être pas trop éloigné !

Pour terminer ce que nous avons à dire relativement au *Système du Monde*, il nous reste une dernière information à donner. Comme nous l'avons dit, Duhem en avait publié deux chapitres dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Il semble bien que son étude sur *Le mouvement absolu et le mouvement relatif* ait été d'abord destinée au même ouvrage. Ce travail parut dans la REVUE DE PHILOSOPHIE (2) et la publication s'en poursuivit dans quatre volumes au cours des années 1907, 1908 et 1909. Le chapitre sur « Les théories du temps, du lieu et du vide après Aristote », mentionné ci-dessus, peut faire croire que l'auteur aurait remanié sa rédaction primitive. Quoi qu'il en soit, et tel qu'il parut dans la REVUE DE PHILOSOPHIE, le *Mouvement absolu et le mouvement relatif* est un complément important du *Système du monde*.

VII. — *Publication de textes inédits*

C'est à peine si Duhem a pu mener à bon terme l'une ou l'autre des nombreuses publications de textes qu'il préméditait. La plus importante est celle d'*Un Frag-*

(1) NOTICES ET EXTRAITS cités, t. XXXVI, Paris, 1901, pp. 487-543. Ces deux textes, on le sait, ne sont pas les seuls.

(2) Paris, Rivière, t. XI, 1907, pp. 221-253, 347-362, 548-573 ; t. XII, 1908, pp. 134-150, 246-265, 347-362, 386-400, 486-498 ; t. XIII, 1908, pp. 145-165, 275-287, 515-519, 635-665 ; t. XIV, 1909, pp. 149-179, 306-317, 436-458, 499-508.

Ces articles parurent aussi en volume : *Le Mouvement absolu et le Mouvement relatif*, Montigeon, imprimerie-librairie de Montigeon, 1909.

ment de l'Opus tertium de Roger Bacon (1). Le manuscrit auquel il emprunta ce fragment est de la main d'un Belge, Arnaud de Bruxelles, calligraphe et imprimeur bien connu, que nous avons déjà rencontré ci-dessus à propos du traité *De Ponderibus* de Jordan de Némore.

Le manuscrit d'Arnaud qui figurait autrefois à la Bibliothèque Nationale sous le n° 38 du Supplément latin, porte aujourd'hui le n° 10264 du Fonds latin. C'est un beau volume de grand format relié en maroquin rouge, dont les plats sont ornés aux armes de Louis XIV. Le dos porte le titre de *Tractatus astronom(icus)*. Il contient les copies de nombreux traités dont les transcriptions ont été achevées entre 1475 et 1492, comme Arnaud de Bruxelles prend soin de nous le dire.

Voici par quelles circonstances Duhem fut amené à étudier ce manuscrit.

« Au cours de nos recherches sur l'histoire de l'astronomie, dit-il (2), notre attention fut attirée sur un manuscrit latin conservé à la Bibliothèque Nationale. D'après le Catalogue publié par M. Léopold Delisle (3), ce manuscrit contenait un écrit de l'astronome arabe Alpetragius (Al Bitrogi). Le titre de cet écrit attestait qu'il n'était pas identique à l'ouvrage bien connu du même auteur : *Alpetragii Arabi Planetarum theorica, physicis rationibus probata, nuperrime latinis litteris mandata a Calo Calonymos hebreo Neapolitano* (4).

» L'Administration de la Bibliothèque Nationale vou-

(1) *Un fragment inédit de l'Opus tertium de Roger Bacon*, précédé d'une *Étude sur ce Fragment*, par Pierre Duhem. Ad Claras aquas (Quaracchi) prope Florentiam, ex typographia Collegii sancti Bonaventurae, 1909.

(2) *Op. cit.* Étude préliminaire, pp. 5 et 6.

(3) Léopold Delisle, *Inventaire des manuscrits latins conservés à la Bibliothèque Nationale sous les numéros* 8823-18613. Paris, 1863-1871, p. 67. Cité dans l'Étude préliminaire de Duhem, p. 5.

(4) Je ne connais pas d'exemplaire de cet ouvrage dans les bibliothèques publiques belges.

lut bien confier pendant quelque temps ce manuscrit à la Bibliothèque de l'Université de Bordeaux, où nous pûmes l'étudier à loisir et en prendre copie. Il nous fut aisé de reconnaître que ce texte, où les théories astronomiques d'Al Bitrogi sont mises en parallèle des théories astronomiques de Ptolémée, ne pouvait émaner du savant arabe ; il nous fut non moins facile de constater que cet écrit était de Roger Bacon, qu'il représentait un fragment de l'*Opus tertium*, que ce fragment n'avait aucune partie commune avec celui que J. S. Brewer a publié à Londres en 1859 (1). L'attribution erronée de ce texte à l'astronome Al Bitrogi l'a sans doute dissimulé à l'attention de ceux qui ont cherché les écrits de Roger Bacon ».

Duhem comprit tout de suite l'importance de sa découverte. Le septième centenaire de la naissance de Roger Bacon approchait. Le nouveau document apportait des renseignements précieux aux psychologues, qui à l'occasion de cet anniversaire se proposaient de nous faire suivre le développement de la pensée de Roger Bacon. Il n'était pas moins utile aux historiens qui cherchaient à connaître l'état de la science au XIIIe siècle.

Le professeur de Bordeaux fit part de sa trouvaille inattendue à l'Académie des Sciences, dans une note intitulée : *Sur un fragment inconnu jusqu'ici de l'Opus tertium de Roger Bacon* (2). En même temps, il cherchait à y intéresser le monde ecclésiastique par une seconde note qui parut sous un titre analogue, dans l'ARCHIVUM FRANCISCANUM HISTORICUM (3).

(1) *Fr. Rogeri Bacon Opera quaedam hactenus inedita.* Vol. I, containing : *I. Opus tertium. II. Opus Minus. III. Compendium Philosophiae.* Edited by J. S. Brewer. London, Longman, Green, Longman and Roberts, 1859.

(2) COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, t. 146. Paris. Gauthier-Villars, 1908, pp. 156-158.

(3) T. I. Ex typographia Collegii sancti Bonaventurae, ad Claras aquas prope Florentiam, 1908, pp. 238-240.

La publication du Fragment de Bacon s'imposait. Plus que d'autres, les confrères de Roger Bacon dans l'ordre de Saint François au xxe siècle devaient la désirer. Ils y prêtèrent leur concours, et le Fragment de l'*Opus tertium* sortit des presses franciscaines du collège de saint Bonaventure à Quaracchi, près Florence, en 1909. L'analyser en détail demanderait un article spécial, aussi me contenterai-je de quelques remarques.

Le 10 juin 1914 se célébrèrent à Oxford des fêtes solennelles en l'honneur du septième centenaire de la naissance de Bacon. Un recueil de travaux écrits en l'honneur du « Docteur Admirable » fut publié en cette circonstance sous le titre de *Seventh Century of the Birth of Roger Bacon* (1). Duhem y collabora pour sa part en lui donnant une note sur *Roger Bacon et l'horreur du vide*. Ce recueil fournit au P. Thirion l'occasion d'écrire sur l'œuvre de Roger Bacon un article brillant, comme il savait les écrire, le dernier, hélas ! qu'il ait donné à la Revue des Questions scientifiques (2). Le *Seventh Century of the Birth of Bacon* a disparu de la bibliothèque du P. Thirion ; la Bibliothèque royale de Belgique ne le possède pas encore ; je n'ai pas jusqu'ici réussi à le voir. Mais voici cependant quelques particularités sur l'*Opus tertium* de Bacon, puisées à d'autres sources.

Le plus grand titre de gloire du « Docteur Admirable » est son *Opus magnum (Opus primum)*, vaste encyclopédie dont il fit hommage au pape Clément IV. Il la résuma et en commenta en même temps certains passages obscurs dans l'*Opus minus (Opus secundum)*. Mais trouvant insuffisantes ces premières gloses, il remit une troisième fois son travail sur le métier et en donna les résultats dans l'*Opus tertium*. C'est Bacon lui-même qui nous

(1) Oxford, 1914.

(2) T. 76, pp. 227-240. L'article était intitulé : *Roger Bacon. Septième centenaire de sa naissance.*

fait connaître cette genèse de l'*Opus minus* et de l'*Opus tertium*.

« Tout comme l'*Opus secundum*, dit-il (1), a été écrit pour éclaircir et compléter l'*Opus primum*, ainsi j'ai composé ce *troisième écrit* (tertiam scripturam) pour l'intelligence et la perfection des deux précédents. Car, il y a dans cet ouvrage bien des choses magnifiques contenant la beauté de la sagesse (decorem sapientiae continentia) que l'on ne trouve pas dans d'autres ouvrages. »

L'*Opus magnum*, l'*Opus minus* et l'*Opus tertium* sont donc assez naturellement écrits sur le même plan. Cette remarque a de l'importance, car nous ne possédons pas encore en entier l'*Opus tertium* et peut-être est-il même en partie perdu. Un premier fragment, nous l'avons déjà dit, avait été publié à Londres, en 1859 ; Duhem vient de nous en donner un second ; l'identité du plan des trois *Opera* permet de deviner la place que les deux fragments retrouvés occupent dans l'*Opus tertium* complet. Partant donc de l'indication que Bacon lui-même lui a fournie, sur les rapports mutuels qu'ont entre eux les trois ouvrages, Duhem prouve, par une discussion très serrée des textes, que le fragment de l'*Opus tertium* publié par Brewer en est le commencement ; il est suivi d'une lacune ; puis vient le fragment retrouvé par Duhem lui-même, et ce fragment est probablement suivi d'une nouvelle lacune. Pour abréger, je n'en dirai pas davantage.

Nous ne sommes cependant pas au bout des pièces curieuses qu'Arnaud de Bruxelles avait réunies dans le Manuscrit 10264 du fonds latin de la Bibliothèque Nationale. Outre le traité *De ponderibus* de Jordan de Némore et le fragment de l'*Opus tertium*, il renferme encore un très intéressant petit manuel de géographie. Duhem a profité des données qu'il lui fournissait pour écrire un article

(1) Le passage est emprunté au Cap. I (p. 6) du fragment de l' « Opus tertium » publié par Brewer.

sur *Ce qu'on disait des Indes occidentales avant Christophe Colomb*, article qui a paru dans la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES (1). Il en résulte qu'on croyait la largeur de l'Atlantique très inférieure à ce qu'elle est en réalité, erreur évidemment propre à encourager l'audace des navigateurs, puisqu'elle diminuait les difficultés à voir dans leur entreprise.

Je ne connais que par le titre, *Un document relatif au calendrier*, article publié en 1911, dans l'*Hommage à Louis Olivier* (2), mais il me reste à dire un mot d'un des personnages les plus curieux, les plus importants auxquels Duhem se soit intéressé ; j'ai nommé Nicole Oresme.

Il lui consacra une étude qui parut, elle aussi, dans la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES sous le titre de *Un précurseur français de Copernic, Nicole Oresme* (3). Elle fut suivie à bref délai d'un complément dans l'ARCHIVUM FRANCISCANUM HISTORICUM : *François de Meyronnes, O. F. M., et la question de la rotation de la terre* (4). Ce religieux de saint François était, comme Oresme, un précurseur de Copernic. Mais, tenons-nous-en à Oresme.

Quel savoureux prosateur ! Car, ce n'est pas simplement l'un des maîtres de la pensée scientifique au XIVe siècle que nous admirons en lui, il est aussi l'un des bons modèles de la vieille langue française. Écoutons ce début de sa traduction du traité *De Caelo et Mundo* d'Aristote.

« Au nom de Dieu, cy commence le livre d'Aristote appelé Du Ciel et du Monde, lequel du commandement

(1) T. XIX, Paris, Armand Colin, 1908, pp. 402-406.

(2) Paris, 1911, p. 97.

(3) T. XX, Paris, Armand Colin, 1909, pp. 860-873.

Postérieurement à l'article de Duhem, M. Wieleitner a encore publié une étude importante sur Nicole Oresme : *Ueber den Funktionsbegriff und die graphische Darstellung bei Oresme*. BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e série, t. XIV, Leipzig, Teubner, 1913-1914, pp. 193-141.

(4) T. VI, Ex Typographia Collegii sancti Bonaventurae ad Claras aquas prope Florentiam, 1913, pp. 23-25.

de très souverain et très excellent prince Charles, le quint de ce nom, par la grâce de Dieu Roy de France, désirant et amant toutes nobles sciences ;

» Je, Nicole Oresme, Doyen de l'Église de Rouen, propose de translater et exposer en françois. »

Charles V, roi de France, ami de toutes les « nobles sciences » était surtout marri de les savoir, dans son royaume, enseignées partout en latin. Apanage exclusif des moines et des clercs, elles étaient ignorées de la bourgeoisie et de la noblesse. Charles résolut de les faire sortir des cloîtres et des universités où elles étaient restées jusque là confinées. C'est dans ce but qu'il pria le Doyen de l'Église de Rouen de traduire le traité *Du Ciel et du Monde* par Aristote.

Le Doyen s'exécuta à la satisfaction royale et reçut en récompense de son travail l'évêché de Lisieux. C'est lui qui nous l'apprend dans l'épilogue de sa version :

« Et ainsi à laude de Dieu, j'ai accompli le Livre du Ciel et du Monde au commandement de très excellent prince Charles, le quint de ce nom, par la grâce de Dieu roy de France, lequel en ce faisant m'a fait évêque de Lisieux ».

Cette libéralité de Charles V permet de dater la traduction française *Du Ciel et du Monde*, car on sait qu'Oresme fut fait évêque de Lisieux, le 3 octobre 1371.

Duhem n'a pas publié l'œuvre d'Oresme en entier, mais seulement les chapitres 24 et 25 du second livre, dans lesquels le Doyen de l'Église de Rouen développe ses idées sur le système héliocentrique du monde.

Épilogue

Comment caractériser en quelques mots l'Œuvre historique de Duhem ?

Le professeur de Bordeaux savait le latin et le grec comme un philologue. Il s'entendait en paléographie, connaissait les philosophes de tous les temps, les jugeait

avec bon sens, mais était avant tout un maître en sciences physiques et mathématiques ; qualités très différentes qui furent rarement réunies dans un même homme à un pareil degré. Ses nombreuses lectures l'avaient richement documenté, aussi ses ouvrages resteront-ils longtemps pour les futurs historiens des sciences une source inépuisable d'information.

Duhem avait sa manière de comprendre l'histoire. Jamais il n'entendit celle des sciences, comme l'entendirent un Montucla, un Chasles, un Cantor. Jamais il ne la conçut comme le simple récit objectif des faits. Une préoccupation étrangère le domine toujours, sans jamais le porter cependant à fausser la vérité : l'histoire viendrait-elle infirmer ou confirmer les idées philosophiques qu'il s'était faites sur la valeur et la nature des théories physiques ? C'était pour lui le vrai problème à résoudre. J'ai suffisamment insisté sur ce caractère de ses recherches historiques pour ne plus m'y attarder.

En résumé, Duhem fut le dernier grand historien des sciences qu'ait produit la France. Qu'on pardonne à un étranger de le constater avec regret au moment de déposer la plume.

Avec Montucla et Delambre, c'est la France qui a créé l'histoire des mathématiques et de l'astronomie. Elle l'a continuée avec Michel Chasles. Grâce aux encouragements que Chasles et Joseph Bertrand prodiguèrent à Cantor, c'est encore la France qui contribua à donner le grand historien à l'Allemagne. Au commencement du XXe siècle, Paul Tannery et Duhem tenaient haut l'étendard de l'histoire des sciences. Il semblait que cette histoire dût rester une discipline toute française. Mais, hélas ! ni Paul Tannery, ni Pierre Duhem n'ont formé d'élèves. On ne leur voit pas de successeurs. Puissions-nous, cependant, en fermant les volumes que nous venons d'analyser, ne pas avoir salué en eux les feux du soleil couchant !

H. Bosmans.

Les grands Problèmes monétaires

L'Inflation

I

DÉFINITION DE L'INFLATION. SES FACTEURS, SES EFFETS

Nous allons essayer de définir et de montrer le mécanisme d'un phénomène économique exerçant aujourd'hui son influence sur le monde entier. La guerre le fit connaître ; il acquit bientôt une telle notoriété qu'il fut déclaré cause de la plupart des troubles contemporains. Son essence, comme son action, est loin d'être sans mystère, et ce fait contribua beaucoup à accroître les responsabilités qu'on lui attribuait. C'était la vie chère d'abord, avec son cortège de troubles économiques et sociaux : l'inflation en était cause, peut-être à elle seule. Les changes entre les pays autrefois alliés furent secoués : encore un de ses méfaits. Quant à ses conséquences moins directes, elles ne se comptaient plus.

Peut-être, en étudiant ici l'inflation, pourrons-nous préciser le degré de cette responsabilité, et même la restreindre.

Définissons l'inflation : « Un excès de puissance d'achat » ; dire que c'est un excès de moyens de payement est sensiblement équivalent. Ces définitions deviendront plus claires lorsque nous aurons écarté quelques idées encombrant fatalement l'esprit de qui n'est pas familier avec la matière.

L'inflation n'est pas une augmentation considérable de la circulation de papier-monnaie : elle y est apparentée, mais en diffère notablement. Ainsi, en Belgique, une bonne centaine de millions en billets suffisait en 1860 : à la veille de la guerre, nous en avions plus d'un milliard, trois fois plus qu'en 1885 ; pourtant il n'y avait pas inflation. L'Angleterre en 1914 avait pour 750 millions de francs de billets, elle en a aujourd'hui douze fois plus ; l'inflation y est moins forte qu'en France où la circulation n'est pas sept fois plus considérable qu'au début de la guerre. L'inflation ne doit même pas être identifiée avec une simple augmentation de tous les moyens de payement, s'il n'y a pas excès. Car si les prix montent pour cause de rareté des marchandises, par exemple, il faudra davantage d'instruments libératoires.

On pensera : l'inflation est donc une émission augmentée et insuffisamment couverte ? Point encore, nous avons sous les yeux des exemples frappants de la différence entre ces deux phénomènes. L'inflation existe dans des pays dont la circulation est amplement couverte : les États-Unis en souffrent, la Hollande et la Suisse également. Pourtant ces deux derniers pays ont une couverture métallique de 60 %. Allons plus loin : il se peut qu'il n'y ait pas inflation en présence de papier émis par le gouvernement et non gagé. Quand il n'est pas en trop grande abondance, il remplace simplement la monnaie métallique qui a fui ; avant la guerre plusieurs États, et non des moindres, étaient dans ce cas.

L'inflation se confondrait-elle avec la dépréciation de l'unité monétaire ? Se mesurerait-elle donc par la prime sur l'or ? Point encore, car voici les États-Unis victimes de l'inflation, avec le dollar au pair ; l'or y est un moyen de payement, au même titre que les billets, et il est comme eux cause d'inflation.

Répétons que l'inflation est un excès de moyens de payement et passons à l'examen de ses facteurs.

Ce sont tous les moyens de payement qui permettent à la puissance d'achat de s'exercer. On peut acheter des marchandises — les payer — avec de l'or, avec des billets ou avec un chèque : ce sont les moyens de payement. L'or peut-il être en excès ? Sans doute, l'histoire cite notamment l'invasion de l'Europe par les métaux précieux après la découverte de l'Amérique. De nos jours, les États-Unis, pendant la guerre l'un ou l'autre neutre, ont eu, avec l'or en surabondance, une inflation bien caractérisée. Toutefois ce cas est moins alarmant que le nôtre ; l'or est toujours plus difficile à obtenir que les billets et son excès ne dépasse pas aisément certaines limites.

Les billets de banque et les virements sont au contraire commodes à augmenter : si bien qu'on peut légitimement les considérer comme les causes quasi uniques de l'inflation. Les économistes de l'école libérale, au début du XIXe siècle, se trouvèrent devant une situation plus simple encore ; les virements et les chèques, à peu près ignorés, n'intervenaient guère dans les règlements des comptes. Ces auteurs pouvaient donc considérer les billets comme la cause unique de l'inflation. Mais, de nos jours, ces derniers ont perdu leur monopole, surtout dans les pays anglo-saxons.

Il n'existe ainsi aucune différence, comme pouvoir d'achat, et par conséquent au point de vue de l'inflation, entre un payement par chèque et un payement par billets. C'est ce que démontra l'inanité de certains remèdes essayés contre l'inflation. La France, par exemple, tenta de la combattre au cours de la guerre par la compensation (utilisation des chèques et virements). Ses dirigeants croyaient-ils à l'efficacité du procédé ? Ce n'est pas certain, car on a vu prendre beaucoup de ces mesures hasardées pour satisfaire l'opinion alarmée à tort ou à raison. Le gouvernement français ne put, du reste, réduire la circulation et abandonna la tentative lorsque l'attention générale fut détournée.

L'Allemagne aussi s'est attachée à cette politique, pour des motifs différents toutefois, et avec plus de succès apparent. Elle avait toujours proclamé la couverture en or du tiers des billets, palladium de son intégrité monétaire, et symbole de sa vigueur économique. Au début de 1916, la couverture du tiers fut menacée, et la campagne pour une moindre utilisation des billets commença. En même temps, les marks furent rappelés de Belgique et de Pologne ; à la fin de 1916, la garantie devint néanmoins insuffisante et il fallut faire appel à d'autres subterfuges pour maintenir la confiance. Le premier, du reste, avait été apprécié à sa juste valeur par les économistes et les financiers allemands, notamment par Bendixen.

Les chèques sont donc bien assimilables aux billets. Depuis longtemps il a été démontré qu'ils aboutissent au même résultat : la création de pouvoir d'achat supplémentaire. L'économiste anglais Hartley Withers le disait dans son ouvrage *Meaning of Money*, et le principe n'a plus à l'heure actuelle de contradicteur sérieux. Si je dois 1000 francs, je puis donner un chèque, ou retirer cette somme de la Banque, en billets et me libérer. Si mon débiteur doit dépenser ces 1000 francs, il touchera le chèque et aura des billets. S'il ne se dispose pas à les dépenser, il portera l'un ou l'autre, chèque ou billets, à son compte courant. Où est la différence ?

Mais passons à l'examen des effets de l'inflation, nous aurons l'occasion de mieux reconnaître l'identité des deux procédés de payement.

Supposons le pouvoir d'achat de la France égal à 10 milliards ; le public se dispose à consacrer cette somme dans le courant du mois à des achats de produits de première nécessité. Mais l'État se fait faire une nouvelle avance de 2 milliards, qu'il va dépenser également. La puissance d'achat montera à 12 milliards, en présence d'un stock de marchandises que nous supposons inchangé ;

ces 12 milliards vont se disputer une quantité de marchandises correspondant auparavant à 10 milliards ; si l'on persiste à vouloir les dépenser tous, la marchandise ne pouvant augmenter de volume augmentera de prix.

Peu importe la forme de l'avance à l'Etat. C'est, par exemple, une banque qui lui ouvre un crédit : le pouvoir d'achat a été créé. Pour l'éviter, les 2 milliards de l'État eussent dû être prélevés sur les disponibilités des autres acheteurs, réduites ainsi à 8 milliards.

L'inflation a donc un effet direct — c'est d'accroître la demande de marchandises, par le fait que chacun a davantage à dépenser. Les acheteurs plus nombreux vont se disputer un stock de produits qui ne s'est pas accru. La demande augmentant, les prix vont monter, c'est la loi de l'offre et de la demande.

La hausse des prix est le seul effet direct de l'inflation ; mais il a des répercussions graves sur toute l'économie d'un pays. La cherté va désorganiser les finances publiques et privées, provoquer les récriminations des salariés. Il y a aussi des conséquences momentanément favorables, comme le stimulant apporté à la production. Mais la hausse du prix de revient, des frais de production, ne tarde pas à compenser la hausse du prix de vente, le stimulant disparaît et l'on retrouve la situation initiale avec des prix plus élevés.

L'ascension des prix ne tarde pas à réagir sur la balance commerciale, ou sur le commerce extérieur. Elle provoque d'abord des achats au dehors. L'étranger peut vendre plus cher dans le pays victime de l'inflation : ses produits vont envahir les marchés ; l'invasion des marchandises exotiques amènera de fortes échéances, que le pays pourra d'autant moins solder que ses propres exportations seront paralysées, et que ses prix de revient élevés ne lui permettent plus de vendre à l'extérieur.

Le déséquilibre de la balance des comptes (comparaison des dettes et des créances exigibles) force le pays

à payer en or ; mais si sa réserve est épuisée, il demandera crédit, il offrira en payement sa monnaie devenue monnaie de papier. L'étranger acceptera ces billets, dans l'espoir qu'un jour le pays rétabli payera en valeurs-or, mais il se fait payer ce bon office, il prend une prime : c'est la perte au change.

Ce bref examen des conséquences de l'inflation nous suggère deux remarques. D'abord, constatons que son influence sur le change est indirecte, elle ne se fait sentir que par l'intermédiaire de la balance des comptes. De plus, l'inflation n'est constituée que partiellement par l'émission de billets : il faut donc cesser de mesurer l'inflation par la circulation des billets, et de lui attribuer une part imméritée dans la crise des changes.

En second lieu, il faut observer que la tendance de l'inflation à déséquilibrer la balance des comptes peut être contrecarrée par des mesures légales, ou même par des combinaisons financières. L'Allemagne s'est surtout servie des premières, en interdisant les importations ; son système, ébauché au début de 1916, a été resserré fréquemment depuis. L'importation n'est pas libre chez elle, et elle évite ainsi un plus profond déséquilibre de sa balance. La France a procédé autrement : elle a suppléé à l'insuffisance de ses rentrées de fonds par les emprunts aux États-Unis et en Angleterre, qui ont dépassé 35 milliards de francs.

D'autre part, la tendance au déséquilibre peut être accentuée par d'autres facteurs que l'inflation agissant dans le même sens qu'elle : l'insuffisance d'une récolte, par exemple, ou la destruction d'usines exportatrices.

Ces deux remarques paraissent suffisamment illustrées par le tableau des cours des changes français comparés à la circulation fiduciaire et aux prix des denrées. Il faut noter que l'augmentation constatée après décembre

1918 est causée partiellement par l'échange des Marks dans les régions libérées et en Alsace-Lorraine.

Date	Dollar en fr.	Circulation en milliards	Index prop. des prix
Juillet 1914	5.18	6	100
Décembre 1914	5.18	10	107
Décembre 1915	5.85	13	157
Décembre 1916	5.83	16	197
Décembre 1918	5.45	31	355
Mars 1919	5.45	33	340
Avril 1920	16.50	38	541
Juillet 1921	12.50	37	

La dépréciation du franc en 1918 était un peu plus profonde que ne l'indique un examen superficiel de ce tableau, car à la fin de la guerre le dollar lui-même était déprécié légèrement. Néanmoins, l'indépendance du change vis-à-vis de la circulation fiduciaire s'y révèle de façon saisissante, tandis que les prix sont nettement influencés par elle.

II

L'ACTION DE L'INFLATION DEPUIS 1914

Après avoir envisagé le côté plutôt théorique de la question, examinons comment, en fait, l'inflation a agi dans les pays de l'Europe continentale, et spécialement en France. On y verra comment elle est née des crédits trop largement accordés à l'État : c'est la cause quasi unique de l'inflation dans nos pays.

Dès son entrée en guerre, conformément aux conventions secrètes, la France se fait avancer de fortes sommes par la Banque de France, son Institut d'émission. A la fin de 1914, les avances atteignaient quatre milliards. Non seulement les changes y demeurent indifférents,

mais les prix ne montent que de 7 % tandis que la circulation fiduciaire est passée de 6 à 10 milliards. C'est qu'une très notable partie des billets supplémentaires remplacent la monnaie métallique thésaurisée par les particuliers et concentrée dans ses caisses par la Banque de France. De plus, les grands mouvements de fonds nécessités par les emprunts et la trésorerie de l'armée exigent un surplus de moyens libératoires.

Mais le recours au crédit s'intensifie sous toutes ses formes : ouverture de crédit en banque, billets ; l'État vient disputer les produits aux acheteurs normaux, sans enlever de disponibilités à ceux-ci. Les prix montent, mais la balance internationale demeure créditrice (au point que, tout au début, le dollar tombe momentanément à 4,75). La France garde d'abord son change au pair. L'inflation agit à l'intérieur du pays, mais elle est loin d'agir seule.

L'état de guerre a d'abord diminué l'*offre* des produits. La mobilisation a enlevé à leur tâche des millions de producteurs : un déficit de production s'ensuit forcément. De plus, des quantités énormes de matières premières sont détournées vers des buts de guerre, tandis que les destructions en mer et sur terre accentuent la disette. Bientôt les entraves aux transports comblent la mesure, et forcent le pays à se rationner de tout.

Malgré l'offre ainsi réduite, les prix auraient pu rester les mêmes si la *demande* avait diminué en proportion : mais l'inflation veillait. Chacun disposa de sommes toujours plus fortes, les consacra à ses achats. En même temps, les besoins de l'armée débordaient sur le marché libre et accroissaient la demande. Ce fut la hausse sans arrêt jusqu'au milieu de 1920, et alors les prix avaient quintuplé. Longtemps le change n'en souffrit pas sensiblement : le dollar ne vaut que 5,45 fr. après l'armistice jusqu'en mars 1919. Le déficit de la balance commerciale — qui est énorme — est comblé par les

prêts en dollars et en livres que les Alliés consentent. La France n'est pas obligée, grâce à cela, d'acheter des dollars ; c'est exactement comme si sa balance était en équilibre. Mais en mars 1919, l'aide prend fin : la France doit désormais payer à l'étranger, et son change tombe.

Retenons de ceci que l'inflation n'est qu'un des facteurs de la hausse des prix et non sa cause unique. La chute notable de prix qui se poursuit depuis un an et n'est aucunement le résultat d'une déflation, vient confirmer cette manière de voir. L'offre de marchandises s'était accrue, au point que beaucoup de matières premières étaient positivement en surabondance ; l'abstention radicale des consommateurs a diminué la demande — la chute des prix devait suivre.

Il est même possible d'aller plus loin ; nous l'avons dit, l'augmentation des moyens de payement a été partiellement causée par d'autres facteurs que l'abus du crédit. Ce qui se passe en Amérique le montre clairement : la baisse des prix y a été fort sensible, la moyenne des prix de gros a baissé de 50 % du milieu de 1920 au milieu de 1921. Or, la circulation a augmenté jusqu'à fin décembre 1920, et actuellement elle n'est pas beaucoup moindre qu'il y a un an. La déflation — l'ébauche de déflation — s'est donc produite après la chute des prix. Nous rencontrons le même processus en Belgique.

III

LES REMÈDES

Notre exposé a, croyons-nous, déjà limité les responsabilités de l'inflation : elle n'est que partiellement cause de la vie chère. Néanmoins, elle demeure nuisible, et il est du plus haut intérêt de la réduire, autant que cela dépend de nous.

L'énoncé de la question est simple : la puissance d'achat étant trop grande, il faut la diminuer. Mais cette réduction est infiniment complexe. Elle ne s'identifie pas avec le remboursement des avances à l'État ; il ne suffit pas que celui-ci prenne les particuliers plutôt que la Banque comme créanciers. Réduire la circulation fiduciaire sans diminuer les payements par chèques et virements, ne résout pas plus complètement le problème. L'ensemble du pays a trop d'argent à dépenser, voilà le mal : il s'agit de lui en enlever.

Il se produit une liquidation automatique, quand, par des causes indépendantes de la déflation, le pays tend vers une situation plus saine et les prix commencent à baisser. C'est le cas pour nos pays : une production plus abondante, une consommation réduite se sont jointes à la chute des changes pour faire chavirer les prix. Les pertes sur les stocks de marchandises, les faillites inévitables viennent incontestablement diminuer la puissance d'achat d'une nation. Les États-Unis ont enregistré cette année un très grand nombre de faillites ; la France n'est pas épargnée, car on dit que pour le seul département de la Seine, il y avait à la fois 2700 demandes de Règlement Transactionnel. Tout le monde a présente à la mémoire la liste des grosses entreprises victimes du mouvement (1).

(1) Le Président de la London Joint City and Midland Bank, M. Mc Kenna, consacrait à la déflation son discours à l'assemblée générale des actionnaires en 1921. Selon lui, la déflation devait être obtenue principalement en augmentant la quantité des marchandises à vendre de façon à obtenir l'équilibre perdu entre les produits échangés et les moyens de payement. Certes, il y aurait baisse des prix, mais les ventes se multipliant amèneraient des bénéfices identiques, et le commerce n'en souffrirait pas.

C'est, croyons-nous, perdre de vue que le commerce souffre spécialement, en cas de déflation, de la dépréciation des stocks, que le procédé suggéré n'atténue pas. Celui-ci est donc excellent, mais ne remédie que très partiellement aux troubles de la déflation. Il est, du reste, d'une application fort réduite.

On lira sur ce sujet l'article de M. Louis Baudin, dans la Revue d'Économie Politique de mai 1921, p. 346 et suivantes.

L'augmentation des moyens de payement, causée en partie par la montée des prix, va disparaître d'elle-même quand ces prix vont tomber pour des causes autres que la déflation. Les billets, notamment, vont retourner aux banques sous forme de dépôt. L'État n'aura qu'à annoncer un emprunt pour se voir adresser l'argent qui dort ; de cette façon il pourra aisément consolider sa dette, en reporter l'échéance à une date lointaine. Le public en effet ne peut souscrire aux emprunts avec des billets qui lui sont indispensables pour les transactions journalières : il souscrit avec ses dépôts. Mais la transformation de la dette flottante en dette consolidée ne résout pas complètement le problème : le public conserve des facultés d'achat, moins commodes à exercer, il est vrai. Néanmoins, dans le stade actuel, l'emprunt consolidé constituerait un progrès décisif, après lequel on pourra discuter plus à l'aise.

L'impôt seul permettant de rembourser la Dette enlève le pouvoir d'achat de façon définitive : il est le remède spécifique contre l'inflation, il possède au plus haut degré la faculté de réduire le pouvoir d'achat. C'est le moyen quasi unique que l'État ait en main. Encore faut-il qu'il ne prolonge pas volontairement l'Inflation, en recourant aux emprunts et spécialement aux avances des Banques d'émission : ceci se passe de commentaires. Le public retrouverait ainsi le pouvoir d'achat qu'il perd par l'impôt. L'équilibre du budget ordinaire est indispensable avant de pouvoir songer à la déflation, et le budget extraordinaire lui-même doit être comprimé sans pitié. Si la déflation n'est pas contrecarrée, comme nous l'avons dit plus haut, elle s'opérera en grande partie d'elle-même ou en tout cas elle se laissera aisément pousser. Si l'esprit d'économie n'est pas perdu dans la population, la tâche deviendra plus facile encore, car l'abstention volontaire a ici des effets fort semblables à l'abstention forcée.

La déflation n'est pas au-dessus des forces des gouvernements fermes : elle demande des sacrifices, certes, mais ils sont plus apparents que réels. La dette de 35 milliards qui s'appesantit sur la Belgique, grève en réalité tous les citoyens : en payant les impôts, ils ne s'appauvrissent pas, ils payent leurs propres dettes. Si par là ils diminuent le prix de la vie, c'est un profit pur et simple. En théorie du moins, car cette chute des prix entraîne certainement des conséquences graves pour l'État et les particuliers ; survenant avant la diminution sensible des charges de la Dette, elle risque de compromettre les finances de l'État dont les recettes vont tomber quand les dépenses demeureront quasi incompressibles. Le problème est suffisamment grave pour être étudié plus en détail ; il s'identifie avec celui de notre Restauration Monétaire.

FERNAND BAUDHUIN.

VARIÉTÉS

I

D'ALEMBERT (1)

Peu d'ouvrages figurent à meilleur titre dans la collection « Les Maîtres de la Pensée scientifique », publiée par M. Maurice Solovine, que le *Traité de Dynamique* de d'Alembert. Écrivain réputé et philosophe célèbre, Jean d'Alembert (1717-1783) est, avant tout, mathématicien. Son nom rappelle, selon les expressions de Joseph Bertrand, « l'émule de Clairaut et d'Euler, le prédécesseur de Lagrange » et de Laplace, le successeur d'Huygens et de Newton » (2), et c'est ce *Traité de Dynamique*, publié en 1743, qui lui donna rang de bonne heure, — l'auteur avait alors vingt-six ans, — parmi les premiers géomètres de l'Europe.

A l'occasion de la réapparition de ce petit volume de d'Alembert, nous voudrions consacrer quelques pages à l'histoire de la jeunesse et de la formation scientifique de ce savant illustre et à l'histoire de ses débuts dans sa trop fameuse carrière d'Encyclopédiste. Un jour prochain, peut-être, reprendrons-nous la plume pour nous occuper de ce *Traité* et de quelques autres de ses œuvres scientifiques.

(1) *Traité de Dynamique*, par Jean d'Alembert. — Deux volumes in-16 de XL-102 et 187 pages. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1921. — Collection « Les Maîtres de la Pensée scientifique ».

(2) *D'Alembert*, par Joseph Bertrand. Paris, Hachette, 1889. Collection « Les Grands Écrivains français ». — Voir aussi, du même savant, membre de l'Académie française et de l'Académie des Sciences, l'article intitulé *D'Alembert* dans la REVUE DES DEUX MONDES, 15 octobre 1865.

Dans nos pages présentes, comme dans la réalité de sa vie, le savant, l'écrivain et le philosophe s'entremêleront : d'Alembert fut tout cela à la fois. Cependant le lecteur de cette REVUE comprend que, si nous parlons de l'écrivain, c'est de l'écrivain scientifique, et que, si nous envisageons le philosophe, c'est surtout quand sa pensée se préoccupe du côté philosophique des Sciences. Une portion considérable de son œuvre littéraire le place, en effet, parmi les écrivains scientifiques : nous voulons dire, le *Discours préliminaire* de la trop célèbre Encyclopédie et de nombreuses pages de ses ouvrages de pure science, notamment certaines de leurs préfaces (1). Ajoutons que la parole toujours spirituelle de ce lettré et de ce savant fut « pendant un quart » de siècle, pour les deux Académies, le plus grand attrait » des séances solennelles » (2).

Mais dans la portion de ses écrits où le très réputé membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie française s'adresse au grand public, on est en présence d'un écrivain et d'un orateur qui, à la fois, fait acte de littérateur et de philosophe, habituellement, hélas ! de philosophe qui abandonne le sain et pacifique terrain de la Philosophie des Sciences pour se poser en philosophe sceptique et irréligieux. Plus malheureux que l'infortuné dont parle Racine, qui sentait en lui deux hommes se livrant une guerre cruelle et qui, du moins, avait honte de ce combat,

(1) On peut indiquer principalement les introductions suivantes : celle du *Traité de Dynamique* (1743) ; celle du *Traité de l'Équilibre et du mouvement des Fluides* (1744 et 1770); celle des *Réflexions sur la Cause générale des Vents*, traité couronné par l'Académie des Sciences de Berlin en 1740 et qui mit l'auteur en relations avec le roi Frédéric : c'est en ce Traité que d'Alembert, rencontrant en chemin les équations aux dérivées partielles, donne les premiers essais du calcul de ces équations, calcul créé par lui-même ; celle des *Recherches sur la Précession des Équinoxes et sur la Nutation de l'Axe de la Terre* (1749); enfin celle des *Recherches sur différents points importants du Système du Monde* (1754-1756), où d'Alembert eut pour rivaux Clairaut et Euler. Ces introductions se trouvent réunies dans le t. XIV des *Œuvres littéraires* de d'Alembert, Paris, an XIII, 1805, en 18 vol., et dans le t. I des *Œuvres complètes*, Paris, 1821, en 5 vol. in-8° ; les ouvrages scientifiques ne figurent pas dans ces *Œuvres* et n'ont pas été réunis en collection.

(2) J. Bertrand, *ouvr. cité.*

d'Alembert joue là et en même temps le rôle d'un triple personnage : l'homme de la science, ami de la vérité, l'écrivain de talent, passionné des applaudissements de la foule, et le philosophe incroyant et dangereux. Sans faire à son sujet une complète étude morale et religieuse, nous chercherons à analyser le triple aspect de cet homme, à en séparer les traits et à les coordonner La REVUE a pour épigraphe la formule vaticane proclamant l'absolue impossibilité de tout vrai désaccord entre la Foi et la Raison : nous ne sortirons point de son cadre, s'il nous arrive d'examiner comment un géomètre de très haute valeur a pu s'égarer de la vérité jusqu'à devenir le néfaste Encyclopédiste que l'on sait, l'associé de Diderot dans une œuvre perfide, l'homme lige de Voltaire. Du reste, nous n'aimons pas de louer le mathématicien hors ligne sans faire observer que, chez cet homme célèbre, le littérateur et le philosophe sont loin de mériter une admiration égale à celle que l'on peut donner, presque sans ménagement, au géomètre.

Les contemporains de d'Alembert l'ont installé, dès son vivant, dans la galerie des grands écrivains de la France. Ils n'ont pas eu tort. Un grand nombre de pages écrites par lui il y a deux siècles, restent dignes d'être proposées comme des modèles d'élégance et de clarté. Cependant, de son temps déjà, ses admirateurs avouaient que son style, souvent noble et énergique, est froid, sec et sévère, si élégant soit-il (1). Observons que cette incontestable élégance habituelle provient tout entière de la clarté et de la précision parfaites de ses idées et de ses expressions, et que ses dons de clarté et de précision étaient chez lui un apanage de

(1) D'Alembert le reconnaissait lui-même. S'amusant un jour à tracer son propre portrait, il dit : « Le caractère principal de son » esprit est la netteté et la justesse. Son style, serré, clair et précis, » ordinairement facile, sans prétention, quoique châtié, quelquefois » un peu sec, mais jamais de mauvais goût, a plus d'énergie que de » chaleur, plus de justesse que d'imagination, plus de noblesse que » de grâce ». — Ces lignes sont tirées du *Portrait de l'Auteur fait par lui-même et adressé en* 1760 *à Madame* *** (c'est-à-dire à Mademoiselle de l'Espinasse), publié dans le tome I des *Œuvres posthumes de d'Alembert,* par de Pougens, deux vol., Paris, 1799 ; il est reproduit dans les *Œuvres complètes,* édition de 1821, t. I, pp. 9-12.

son esprit de géomètre. Pascal aurait vu chez d'Alembert, une confirmation de sa thèse : « Entre esprits égaux d'ail- » leurs et toutes choses pareilles, celui qui a de la Géométrie, » l'emporte et acquiert une vigueur toute nouvelle ». Mais la sécheresse et la sévérité de cet écrivain, la rareté sous sa plume, d'ailleurs habituellement spirituelle, mais souvent mordante, de ce je ne sais quoi d'aimable, de délicat et de gracieux, en un mot l'absence d'élévation, de vraie chaleur et d'âme, ont-elles leur explication dans le séjour trop habituel de sa pensée dans le monde austère des formules analytiques et des lignes géométriques ? Plusieurs l'ont cru. Nos pages diront pourquoi nous pensons autrement.

En dépit de la gloire qui couronna ses savants travaux et des applaudissements que, d'habitude, il recueillit abondamment en sa carrière académique, la vie entière de d'Alembert fut poursuivie par le malheur, suite parfois de fautes d'autrui, salaire le plus souvent de ses propres décisions. Un malheur initial fut celui de son étrange naissance : il ne cessa de peser, dans la suite, sur ce fils naturel du chevalier Louis Destouches Né à Paris, sa mère l'avait aussitôt fait « exposer et abandonner dans une boëtte de sapin » sur les marches de l'église Saint-Jean-le-Rond (détruite en 1748), située contre le parvis de l'église Notre-Dame dont elle était le baptistère : c'était le 16 novembre 1717 (1). Enfant trouvé, il avait été baptisé sous le nom quelconque de Jean-Baptiste Lerond, qui plus tard s'échangea, on ne sait pourquoi, contre le nom de Jean d'Alembert. La tendresse d'une humble et excellente mère adoptive permit quelque épanouissement à cette âme d'enfant, où se manifesta un caractère bon et joyeux. D'Alembert lui resta toujours attaché. Jusqu'en pleine maturité de l'âge, il sut trouver auprès de cette pauvre et honnête vitrière, madame Rousseau, qui continuait à lui servir de mère, la tranquillité nécessaire à ses

(1) Voir l'article de L. Lallemant, C. R. DE L'ACAD. DES SC., 1885, I, p. 1443, qui est à lire en entier, si l'on veut connaître de quelle sollicitude, contrairement au récit de Condorcet, on entourait en ces temps d'ancien régime ces pauvres délaissés. Voir aussi l'introduction de Ch. Henry à la *Correspondance inédite de d'Alembert avec divers savants*, dans le BOLLETINO DI BIBLIOGR. E DI ST. de BONCOMPAGNI, t. 18, 1885, pp. 507-510.

profondes recherches et les consolations utiles dans ses heures fréquentes d'amertume, jusqu'au jour où il commit la faute et l'erreur de préférer à ces consolations celles d'une coupable et célèbre liaison. — Enfant, d'Alembert fut confié dès l'âge de quatre ans par sa mère adoptive à un maître de pension du faubourg Saint-Antoine, qui huit années durant l'entoura de ses soins et de sa tendresse. Au sortir des mains de ce maître, « dont la mémoire lui fut toujours chère », il fut déclaré par lui capable d'entrer en Seconde. A douze ans, l'enfant fut admis par faveur au collège des Quatre-Nations ou collège Mazarin, du nom de son illustre fondateur : « il y fit sa Seconde et deux années de Rhétorique, » avec assez de succès pour que le souvenir s'en conservât » dans ce collège » (1).

Le collège Mazarin et la Bibliothèque Mazarine, double fondation presque posthume du grand cardinal mourant (1661), occupaient l'ensemble de la demeure somptueuse construite pour eux grâce à la munificence du testateur. On sait que sa majestueuse coupole abrite aujourd'hui, depuis 1805, l'Institut de France, résurrection, par la loi du 3 brumaire an IV (25 octobre 1795), des anciennes académies, ci-devant installées au Louvre. En l'an 1688, le collège des Quatre-Nations, agrégé à l'Université de Paris, s'ouvrit et dès l'abord fut de *plein exercice*, c'est-à-dire que les classes y furent complètes, — Grammaire, Belles-Lettres, Philosophie, — comme dans les neuf autres grands collèges de l'Université de Paris. Il y eut là constamment, jusqu'à la Révolution, trente à soixante jeunes gentilshommes, boursiers de la fondation ; constamment aussi, il y eut là de six à douze cents élèves externes, suivant gratuitement (ainsi le voulait le testateur) les classes du collège (2).

(1) *Mémoire de d'Alembert, par lui-même*, dans ses *Œuvres posthumes*, t. I, reproduit au t. I, pp. 1-8, de ses *Œuvres complètes*, édition 1821.

(2) La fondation comportait soixante bourses en faveur de jeunes gentilshommes originaires des « quatre provinces conquises à la « Couronne sous Mazarin » : le Roussillon, le territoire de Pignerol, l'Alsace et la Flandre. Au sujet de ce collège et de la Bibliothèque, voyez Alfred Franklin, *Recherches histor. sur le Coll. des Quatre-Nations*, Paris, 1862, et, du même, *Les Anciennes Biblioth. de Paris*, t. III, Paris, 1873, pp. 37-160 ; voyez aussi Ch. Jourdain, *Hist. de*

La discipline y était bonne, peut-être trop austère ; au temps où d'Alembert y entra, l'esprit janséniste y battait son plein (1). L'enseignement y fut toujours donné par des

l'Université de Paris, t. I, 1866, passim. — Quant à la *gratuité* pour les externes, l'Université était ennuyée de cette gratuité imposée par les lettres patentes de fondation au collège Mazarin et ennuyée bien davantage de la gratuité qui se pratiquait dans les collèges des Jésuites : les collèges à classes gratuites faisaient une trop fâcheuse concurrence aux autres collèges. Les sollicitations de la Faculté des Arts finirent par obtenir de Louis XV des lettres patentes, signées le 14 avril 1719 après délibération du Conseil d'État, établissant : Que le vingt-huitième du bail général des postes et messageries du royaume (120.000 livres annuellement) serait assuré en revenu à la Faculté pour rétribuer ses maîtres ; et que désormais l'Instruction serait donnée gratuitement à la jeunesse dans tous les collèges de plein exercice, sans que, sous quelques prétextes que ce fût, les régents pussent exiger aucuns honoraires de leurs écoliers. Voyez Jourdain, *ouvr. cité*, t. I, pp. 329-334.

(1) Les ma tres redoutaient chez leurs élèves le superflu, même dans les plaisirs de l'esprit. Le jeune d'Alembert se passionnant à composer d'heureux vers latins, ils le détournèrent de cet exercice : « un de ses maîtres, janséniste fanatique, prétendait que la poésie » *desséchait le cœur*, et il conseillait à d'Alembert de ne lire d'autre » poème que celui de Saint Prosper sur la grâce ». *(Mémoire de d'Alembert.)* Le rigide Monsieur Pourchot, qui avait inauguré la chaire de Philosophie du Collège Mazarin, en y enseignant de 1688 à 1703, était devenu syndic procureur de l'Université. A ce titre, il avait la garde de la discipline générale, et certes, entourait d'une particulière vigilance son cher ancien collège. Jean d'Alembert y était élève, lorsqu'on y lut, en février 1733, le véhément réquisitoire du syndic octogénaire contre certains collèges de l'Université, où s'introduisait la coutume de tirer, aux jours de fête, des feux d'artifice. Nous n'oserions répondre, observe M. Jourdain, que le digne syndic, implacable adversaire de « la Société qui s'intitule la Société de Jésus », — cette périphrase était chère à M. Pourchot, — ne se fût proposé, en s'adressant à ses collèges à lui, d'atteindre indirectement par ce blâme public les collèges de cette Société ; les Pères, au Collège de Clermont par exemple, toléraient ces dangereux amusements de leurs écoliers. Disons que la Faculté des Arts appuya d'une formelle défense la mercuriale de son vénérable syndic. Dix mois plus tard, les écoliers de l'Université récidivaient : c'était au collège d'Harcourt ; mais M. Pourchot, usé par ses quatre-vingt-trois ans, ne sut plus agir et, du reste, démissionna en juin 1734, et mourut au lendemain de sa démission. A propos des feux d'artifice au collège de Clermont, ou Collège de Louis le Grand, voyez la figure de la page 160 du t. I du beau livre que vient d'écrire Gustave Dupont-Ferrier, *Du Collège de Clermont au Lycée Louis-le-Grand*, Paris, 1921.

Messieurs de la Maison de Sorbonne, tous licenciés ou bacheliers en théologie : Mazarin l'avait ainsi spécifié.

Admis parmi les pupilles du cardinal, Jean-Baptiste Lerond, en enfant joyeux et confiant, aima dès l'abord et jusqu'au terme de ses études les prêtres doctes et rigides, qui y enseignaient dans la plupart des classes. Ceux-ci développèrent sans peine en lui la passion des études et ce culte de ses devoirs d'écolier, qu'il saura remplacer plus tard par le culte de ses devoirs d'académicien. Il devint, chez eux, latiniste excellent et bon helléniste, et se montra rhétoricien disert et brillant. La foi chrétienne ne cessa d'éclairer son adolescence durant ses années au collège, les dernières un peu heureuses de sa vie. Dans la suite, il cherchera constamment et toujours vainement le bonheur, et si un jour, dans un âge déjà avancé, il crut l'entrevoir, dans cette très blâmable affection que nous indiquions tantôt et que la morale étrange de son siècle aimait à tolérer, parfois même à louer, il reconnut durement son erreur.

Mais revenons au collège Mazarin. Le jeune Jean Lerond, le futur grand géomètre, n'aurait pu être mis à meilleure école. Dès ses origines, en 1688, par une innovation que la Faculté des Arts fut plus d'un demi-siècle à permettre à aucun autre de ses collèges, les Mathématiques, partout ailleurs partie intégrante du programme de Philosophie, obtinrent au collège Mazarin l'honneur d'une chaire à part, avec un régent attitré et allèrent jusqu'à occuper, après les deux ans de Philosophie, une année entière d'étude (1). D'Alembert eut

(1) Une personnelle intervention de Louis XIV ne paraît pas avoir été étrangère à cette instauration d'un enseignement scientifique spécial en ce collège, instauration très contraire aux traditions presque immuables de la Faculté des Arts. Voyez, dans l'ouvrage cité de Ch. Jourdain (t. I, p. 239, et pièces justific., n° 132), la missive de Colbert au recteur et au syndic de la Faculté des Arts, au sujet de l'étude de la Géographie, de l'Histoire et des autres Sciences qui servent dans le commerce de la vie : « les études de cet ordre impor- » teraient pour l'intérêt de la jeunesse et pour la splendeur et la » gloire de l'État ». Le roi, ajoute Colbert, déclare « qu'il fait sienne » la question de cet enseignement dans les collèges académiques, et » qu'il surveillera lui-même l'exécution de ces choses dès que, ses » guerres finies, il en aura le loisir». Cet avertissement de Louis XIV date du 6 mai 1675 : c'est l'année où le collège de Mazarin, qui

pour professeur de Mathématiques, M. Caron, « qui, sans être » un profond mathématicien, avait beaucoup de clarté et de » précision » (1). Son jeune disciple, à qui cet excellent maître ouvrit la voie que bientôt il suivit seul et brillamment, conservera une profonde reconnaissance pour ces leçons précieuses. Du reste, M. Caron ne faisait que rester fidèle à l'esprit et aux méthodes de son prédécesseur. Le précédent et premier titulaire de la chaire de Mathématiques à Mazarin avait été, en effet, le célèbre Varignon, membre de l'Académie des Sciences : il y enseigna dès 1688, et ne cessa d'y enseigner jusqu'au jour même de sa mort subite, en 1722. Le savant prêtre laissa en ce collège les fortes traditions scientifiques dont d'Alembert bénéficia au cours de ses études. Il n'est pas indifférent ici de noter que, mathématicien sûr, Varignon avait été en France, à l'époque même où il inaugurait son enseignement au collège Mazarin, l'un des premiers adeptes et l'un des plus fermes soutenants du Calcul infinitésimal : attaquée même à l'Académie des Sciences, l'œuvre de Newton et de Leibniz trouva en lui son meilleur défenseur, et il resta en relations épistolaires avec Leibniz et avec les Bernouillis. Un tel souvenir ne put qu'encourager M. Caron à enseigner à ses élèves la nouvelle Analyse et dut passionner le brillant disciple pour ce merveilleux outil, qu'il maniera sa vie durant. — L'éclat de la chaire de Mathématiques du collège Mazarin devait bientôt être singulièrement rehaussé par la nomination de l'abbé La Caille (il n'était point prêtre, mais avait reçu le diaconat), déjà l'un des meilleurs astronomes de son siècle. D'Alembert ne l'eut point pour maître, étant sorti du collège depuis quatre ans, lorsque ce savant vint y occuper cette chaire, où il enseigna jusqu'à sa mort,

allait s'établir, fut agrégé à l'Université. Hormis ce qui touchait ce collège, la grave expression de la pensée de Louis XIV sur l'instruction publique resta lettre morte, tant on tenait aux vieux plis. Voyez aussi, de cette même époque, la lettre de Bossuet *De l'Instruction de Mgr le Dauphin, au Pape Innocent XI* ; Bossuet était le plus fidèle interprète de la pensée de Louis XIV. — L'abbé A. Sicard a fait sous le titre *Les Études classiques avant la Révolution*, Paris, 1887, un fort bon livre, qui ne se restreint pas à l'histoire de l'enseignement dans les collèges universitaires.

(1) *Mémoire de d'Alembert*, cité.

en 1762. La Caille honora le collège en publiant, de 1741 à 1750, les *Leçons élémentaires* de Mathématiques, de Mécanique, d'Astronomie et d'Optique, qu'il y donnait (1). Ajoutons que La Caille rendit célèbre par ses travaux l'Observatoire que le collège Mazarin lui construisit sur ses propres bâtiments en 1748 et qui subsista jusqu'à la fin du siècle.

Tel fut le collège où le jeune d'Alembert se forma aux Mathématiques et aux Sciences, tout en suivant les cours de la Philosophie, qui durèrent deux années. — La Physique lui fut enseignée dans la classe de Mathématiques. Dans les autres collèges, la Faculté des Arts se refusa jusqu'en 1783 à permettre que la Physique fût, en rien, détachée de la Philosophie (2).

Il est à remarquer qu'en ce collège Mazarin, dès ses origines, les Mathématiques s'enseignèrent en français, et de même diverses parties de la Physique. Pour les Mathématiques, l'Université faisant violence à ses immuables traditions, permit dès 1730 que ses collèges adoptassent les *Éléments de Mathématiques*, écrits en français par le digne professeur Dominique Rivard, très loués plus tard par Montucla : ce bon et sage lorrain, Rivard, est un de ces maîtres auxquels nous aimerions que s'arrêtât avec attention celui qui écrira l'histoire de la pédagogie des Mathématiques. D'Alembert, élève au collège Mazarin de 1730 à 1735, eut peut-être ce manuel classique comme livre de texte, sous la direction d'ailleurs excellente de M. Caron : il eût été fâcheux que d'Alembert n'eût point appris dans la langue habituelle de Descartes et de Pascal, et aussi de Varignon et de La Caille, l'Algèbre et la Géométrie Quant à la Physique, l'Université, amie des usages antiques, ne permit pas volontiers à cette science, toute transformée qu'elle fût

(1) L'Arithmétique, l'Algèbre, la Géométrie, la Mécanique, l'Astronomie et l'Optique, celle-ci avec la Perspective, constituaient en ce temps le programme habituel des Mathématiques. Les *Leçons élémentaires* de La Caille eurent toutes d'incessantes rééditions.

(2) Rappelons que, durant le XVIIIe siècle, on donnait à ce nom *Physica*, le sens très large de son étymologie : comme chez les Anciens et aux siècles du Moyen Age et de la Renaissance, la Physique comprenait, outre certaines parties de la Cosmologie, l'ensemble des Sciences de « la Nature », φύσις, que nous appelons aujourd'hui les Sciences physiques et naturelles, ou simplement les Sciences.

par les découvertes modernes, de quitter, fût-ce graduellement et pièce par pièce, son costume latin : la Faculté des Arts attendit la seconde moitié du XVIIIe siècle et l'arrivée dans les collèges d'hommes comme l'abbé Nollet et l'abbé Haüy, pour permettre que certains de ses grands collèges donnassent en français les Mathématiques et la Physique expérimentale, à la condition de conserver la langue latine en « Physique générale et particulière ». Ainsi, en principe et presque en fait, l'Université exigea, jusqu'en 1790, — époque des révolutions, — que la Physique restât habillée en latin : en bien des lieux, la Physique, obéissante, s'y accoutuma au point qu'elle conserva à travers la Révolution et même jusqu'au delà du premier tiers du XIXe siècle l'austère et alourdissant costume romain, survivant souvenir des règlements de la défunte *Alma Mater*.

En Philosophie, d'Alembert avait eu pour professeur principal, Maître Geoffroy. Ce régent, aussi bien que ses collègues, conserva de lui un long et vivant souvenir, se plaisant à le proclamer le plus brillant élève qu'il ait eu, *caeteris longe antecedentem*, et à rappeler que ce merveilleux disciple avait suivi ses leçons *magnâ cum laude*, ce qui est une cote excellente (1). D'Alembert se calomniera donc et calomniera ses maîtres, lorsque, dans des notes autobiographiques, il prétendra n'avoir suivi, ses cours de Philosophie durant, aucune leçon fructueuse, hormis les leçons de Mathématiques de M. Caron (2).

Il est possible, il est vrai, que la Philosophie de Descartes qu'on enseignait dans les collèges de l'Université, si séduisante qu'elle apparaisse aux jeunes intelligences, ne l'ait point satisfait de tous points et que les idées innées et les tourbillons n'aient pas plu à son esprit, ni la prémotion physique (3). Il est possible, de plus, que le jeune disciple de

(1) Voy, l'extrait du registre de la Faculté des Arts dans l'ouvrage cité de J. Bertrand, p. 12.

(2) *Mémoire de d'Alembert*, déjà cité.

(3) Il écrit en son autobiographie : « Son professeur de Philoso-» phie, janséniste fort considéré dans son parti et, de plus, cartésien » à outrance, ne lui apprit autre chose, pendant deux ans, que la » prémotion physique, les idées innées et les tourbillons». *Mémoire* cité.

Au XVIIe siècle, la Sorbonne, soutenue par tout le Parlement

Maître Geoffroy n'ait apporté aux leçons du docteur cartésien ni le goût des spéculations idéalistes, ni la trempe d'esprit, qui conviennent à qui veut conserver une heureuse et durable empreinte de ses premiers contacts avec la Métaphysique. Plus tard, ses études achevées, d'Alembert lira sans doute les fameuses *Lettres sur les Anglais* de Voltaire, qui, traduites de l'anglais sous le titre *Lettres philosophiques*, avaient été imprimées dès 1734, notamment à Paris et à Rouen, mais aussitôt avaient été condamnées par le Parlement et brûlées au pied du grand escalier du Palais Il

et tous les Jansénistes, s'était déclarée la forteresse de l'Aristotélisme et avait fermé toute entrée en ses collèges aux doctrines de Descartes, qui au dehors triomphaient partout, sauf chez les Jésuites, péripatéticiens par leurs règles et leurs traditions. Successivement avaient paru : en 1637, le *Discours de la Méthode pour bien conduire la Raison et chercher la vérité dans les Sciences*, que Descartes avait écrit en français et non en latin, innovation déjà révolutionnaire par elle seule (il est vrai que, dès 1644, il en avait paru, à Amsterdam, faite par l'abbé Étienne de Courcelles et revue par Descartes, une traduction latine, intitulée *Specimina Philosophica*) ; puis, en 1641, les *Méditations métaphysiques*, écrites cette fois en latin (*Meditationes de primâ Philosophiâ*) ; enfin, en 1644, les *Principia Philosophiae*. Tous ces écrits de l'illustre penseur apparaissaient à la Sorbonne comme le triple manifeste de l'esprit de libre examen en matière de Philosophie et de Sciences, et la résurrection du révolutionnaire esprit de Giordano Bruno et de Pierre La Ramée. Au XVIIIe siècle, tout est changé : la Sorbonne fait enseigner en tous ses collèges les doctrines de Descartes : Sorbonne, Université et Jansénistes sont devenus cartésiens, tandis que le public revient aux saines doctrines d'Aristote, que les Jésuites, de leur côté, n'ont cessé de défendre. Il est vrai que ces derniers avaient subi des infiltrations des idées nouvelles, mais la sage fermeté des supérieurs de l'Ordre y avait remédié, surtout par des actes de 1700 et de 1732. Vers l'époque où le jeune d'Alembert sortait de Mazarin, le très réputé P. Porée, professeur de Rhétorique au collège de Louis le Grand de 1708 à 1741, prononçait, à Louis le Grand même, un discours très remarqué, *De Credulitate in doctrinis*, contre la passion des aventureuses nouveautés : c'était en 1738 (un an plus tôt, c'eût été au centenaire du *Discours de la Méthode*, mais en ce temps-là les centenaires n'étaient pas encore de mode) ; du reste, l'orateur couvrait copieusement de fleurs, suivant l'expression du récent historien de ce collège (G. Dupont-Ferrier, *ouv. cité*), Descartes et Malebranche, et les appelait, l'un, le Père de la Philosophie moderne, l'autre, le chercheur incomparable.

deviendra alors, en matière de Philosophie, le disciple de Voltaire : il applaudira ce chef de la pensée française nouvelle, battant en brèche en ces *Lettres* toutes les institutions sociales et religieuses de la France et consacrant six de ces *Lettres* à ouvrir une campagne formidable contre Descartes et son idéalisme et en faveur à la fois du chancelier Bacon et de sa méthode expérimentale et du philosophe Locke et de son sensualisme (1) Mais ce n'est qu'en 1751 que d'Alembert, jusque-là habituellement absorbé en ses Mathématiques, ira se mettre aux côtés de Voltaire et s'inspirera de ses idées pour écrire la Préface de l'Encyclopédie. Il deviendra à son tour le chef de la secte philosophique, sans être jamais pour cela ni profond, ni puissant philosophe. C'est alors que, jetant un regard rétrospectif sur sa vie, il racontera n'avoir jamais reçu au collège Mazarin, au cours de Philosophie, sauf en Mathémathiques, une seule leçon fructueuse : nous ne le croyons pas sur parole. Nous ne pensons pas que dès les années de collège il ait eu ce fonds de scepticisme et d'indifférence en matière de Philosophie et, hélas ! de Religion, qui caractérisa chez lui l'Encyclopédiste. Il eût fallu, pour cela, que, sur les bancs du collège Mazarin, il eût pu lire, si furtivement que ce fût, les bruyantes et infiniment dangereuses *Lettres philosophiques*, qui parurent en avril 1734, et, en ce cas, il n'eût pu rester cet élève brillant dans les défenses de la Métaphysique cartésienne, que Maître Geoffroy a tant loué.

Le 2 septembre 1735, Jean d'Alembert fut reçu Maître ès arts. Il était âgé de dix-huit ans. Les catalogues du collège Mazarin portent, parmi les noms des élèves de Philo-

(1) Il convient d'observer qu'en matière de Philosophie et de Sciences, Voltaire fut un autodidacte. C'est pendant son exil de trois ans en Angleterre, de 1726 à 1729, qu'il s'initia à la Physique de Newton et aux doctrines philosophiques de Bacon et de Locke.

A la différence de Descartes et de d'Alembert, qui, l'un chez les Jésuites au collège de La Flèche, l'autre auprès des prêtres de Sorbonne au collège Mazarin, avaient suivi après leur Rhétorique le cours de Philosophie, Voltaire, élève des Jésuites à Louis le Grand, — où il avait eu le P. Porée pour professeur de Rhétorique, — quitta le collège aussitôt après sa Rhétorique, comme beaucoup d'autres jeunes gens, sans y avoir fait sa Philosophie.

sophie, le sien, sous la forme *Daremberg*, malgré toutes ses instances en faveur de ce qu'il appelle son vrai nom, Jean Lerond (1). Vers 1738, il adopta le nom définitif, Jean d'Alembert, qu'il allait rendre illustre.

Le malheur voulut que les maîtres qui enseignaient au collège Mazarin, fussent, nous l'avons dit, d'ardents jansénistes. Que leur rigide esprit se fût borné à entretenir une trop austère discipline parmi leurs jeunes gens, le mal n'eût pas été bien grand (2). Mais, à l'époque où ils achevaient la formation de leur écolier, la violente querelle autour de la bulle *Unigenitus* battait son plein. Durant leurs classes de Philosophie, les professeurs de Jean d'Alembert obéirent vraisemblablement, de bon cœur ou non, au statut universitaire prohibant de « traiter des questions » purement théologiques dans les leçons ou dans les disputes » de Philosophie » : le statut était peu neuf, mais le syndic M, Pourchot, vigilant gardien des intérêts de ses collèges, l'avait lui-même, peut-être à son cœur défendant, urgé et même, en 1733, renouvelé (3). Néanmoins, ils rêvèrent de

(1) J. Bertrand, *ouvr. cité*, p. 9. — « D'Alembert, sans ignorer » le nom et la situation de sa mère, n'a jamais eu de relations avec » elle. Il n'est pas vrai que, devenu célèbre, il ait refusé de la voir » C'est Madame de Tencin, qui le fuyait comme le remords ». *Ibid.*, p. 9. Voir, à ce sujet, les *Essais de Mémoires sur M. Suard*, Paris, 1820, dus à Madame Suard. Quant au chevalier Destouches, père de Jean d'Alembert, il ne cessa de veiller sur l'enfant ; à sa mort, en 1726, il ne laissa son fils, qui n'avait que neuf ans, ni sans ressources ni sans appui : il lui légua une rente de douze cents livres, et c'est la protection de la famille de cet officier qui fit admettre, en 1730, dans le collège des Quatre-Nations, cet enfant jusque-là soigneusement élevé dans un pensionnat du faubourg Saint-Antoine. Voyez Condorcet, *Éloge de d'Alembert*, lu à l'Académie des Sciences, en 1783.

(2) L'éducation donnée dans le collège Mazarin était complète et brillante, comme il convenait à des pupilles du grand cardinal ; cent livres étaient allouées par an à chacun pour son entretien et ses menues dépenses. Cependant le testament de Mazarin ordonnait la création, dans le collège, d'une « Académie » où s'enseignassent l'équitation, l'escrime et la danse : les prêtres de Sorbonne obtinrent que, sur ce point, l'Université n'exécutât point les volontés du cardinal. Il n'y eut point d'Académie ; d'Alembert n'apprit pas « les belles manières », et, observe J. Bertrand, il ne les connut jamais.

(3) Cependant, à en croire Condorcet, en son *Éloge de d'Alembert*, d'Alembert « fit, pendant sa première année de Philosophie, un

préparer à leur parti, dans ce jeune homme aux superbes espérances, un autre Pascal. A peine son cours de Philosophie terminé, ils cherchèrent à l'intéresser à leur dispute. Par sympathie pour ses anciens maîtres, le jeune étudiant lut avec conscience, — il le racontera plus tard, — tout ce qu'ils lui apportèrent : leurs pesants traités, leurs haineuses brochures (1). Au surplus, la Bibliothèque Mazarine, établie dans le collège même, les lui offrait en abondance (2). Le résultat

» commentaire sur l'Épître de S. Paul aux Romains, et ainsi il com-
» mença comme Newton avait fini : ce commentaire donna de
» grandes espérances à ses maîtres ». — Au seuil de la vieillesse, d'Alembert racontait aisément ses souvenirs de jeunesse, mais sa mémoire les déformait et volontiers les grossissait : le prétendu commentaire de l'élève sur cette Épître ardue a pu n'être autre chose qu'une courte et pieuse élucubration d'écolier sur quelques versets du Nouveau Testament ; car les professeurs prêtres donnaient assez fréquemment à leurs jeunes philosophes, entre autres exercices, le soin de développer diverses réflexions sur l'un ou l'autre passage des Saints Livres. Que les prêtres de Sorbonne aient choisi leurs textes dans l'Épître aux Romains, cela étonnerait fort peu.

(1) Déjà pendant ses cours d'Humanités, raconte-t-il, « un de
» ses maîtres, janséniste fanatique, qui aurait voulu faire de son
» disciple un élève et peut-être un des arcs-boutants du parti,
» s'opposait au goût fort vif que le jeune homme avait pour les
» Belles-Lettres... » Après sa sortie du collège, pendant son cours de Droit, qui lui laissait beaucoup de temps pour ses études favorites, les Mathématiques, « les Jansénistes, qui n'étaient plus ses
» maîtres, mais qui le dirigeaient encore, s'opposaient à son ardeur
» pour les Mathématiques, de la même manière et pour les mêmes
» raisons qu'ils avaient combattu son goût pour la poésie... Comme
» pour leur faire la cour, le jeune homme lisait leurs livres de
» controverse... » *Mémoire* cité.

(2) « La moitié des ouvrages de cette Bibliothèque, observait en 1781 l'auteur anonyme (Mercier) du *Tableau de Paris*, « sont des livres
» de polémique religieuse : il n'y a que quelques années qu'on y a
» fait entrer Racine et Corneille ; mais les amateurs de Jansénius,
» Quesnel et Molina trouveront là tout ce qui a été écrit sur ces
» trois auteurs. » — Mercier ne doit pas être pris à la lettre. A. Franklin, dans ses *Anciennes Biblioth. de Paris*, t. III, p. 106, dit : « Formées par un savant (Naudé) pour un cardinal, les princi-
» pales richesses de la Bibliothèque de Mazarin consistent en de
» sérieux travaux d'érudition, où dominent la Médecine et la
» Théologie ; elle possède, en outre, tous les grands corps d'ouvrage,
» toutes les collections rares et volumineuses, tous les vastes re-
» cueils de Science et d'Histoire. » — La Bibliothèque de Mazarin,

ne répondit pas à l'attente. Quand il eut achevé l'étude de ces théologies altières et déprimantes et la lecture de ces amers pamphlets, il sentit que les ténèbres avaient envahi son âme et que sa foi était perdue : au surplus, il était devenu, et il resta désormais, également hostile aux Jansénistes et à leurs adversaires, les Jésuites. Plus tard, au lendemain de la suppression de la Compagnie de Jésus, quand sous un anonymat transparent il publiera contre la Compagnie tombée ses célèbres pamphlets de 1765 et de 1767, les moins maltraités dans ces écrits haineux seront les Jésuites, et l'on sait que les Jansénistes ne s'y trompèrent pas.

Au siècle précédent, les conférences entre Blaise Pascal et ses amis, les Solitaires de Port-Royal, avaient eu dans toute l'âme de Pascal le troublant retentissement que l'on sait, et dont son génie même se ressentit toujours ; mais, du moins, cette âme ardente ne perdit ni sa croyance en Jésus-Christ, ni son ardent amour pour ce Maître et son génie conserva le culte du mystère de cet « infini », qui l'écrasait et le ravissait tout ensemble. Chez le jeune d'Alembert, dont le génie, d'ailleurs, n'avait point la magnifique envergure du génie de Pascal, et dont l'âme n'offrait point les hauteurs sublimes, les profondeurs insondables, les largeurs infinies de l'âme de l'auteur des *Pensées*, le désastre fut entier. Avant la disparition de sa foi, d'Alembert connut-il, pendant quelques jours ou, du moins, durant quelques heures, ces angoisses que les incroyants, émus eux-mêmes quand on les leur raconte, appellent avec plus

d'abord établie en son hôtel et dont le cardinal fit ouvrir les portes à deux battants au public « sans excepter âme qui vive », fut la première Bibliothèque publique de la France moderne. Donnée au collège des Quatre-Nations par le testament du cardinal, elle y occupa dès 1688 une partie des bâtiments, en particulier le pavillon occidental ; le service du public, ordonné par le testament, y fut réouvert en 1691, des retards ayant été amenés par les travaux d'aménagement. Le bibliothécaire y fut constamment un docteur en Sorbonne, suivant la volonté de Mazarin. Son premier organisateur, le savant Naudé, nous apprend, que sur les 40.000 volumes qui la composaient dès 1643, il y avait « 2.500 volumes purement et » simplement de Mathématiques ». Au temps de la Fronde, le Parlement fit vendre à l'encan des milliers de livres du cardinal, mais, une fois la tempête passée, le cardinal fit réparer ce malheur.

d'éloquence que d'exactitude, « les combats entre la raison froide et les aspirations du cœur » (1), et éprouva-t-il les déchirements que Pascal a connus ? Nous l'ignorons, mais nous savons que la catastrophe s'accomplit : la foi sombra, peut-être pour toujours (2).

Le lecteur s'étonnera que nous nous soyons arrêté à cette étude de psychologie religieuse. Certes, nous éprouvons peu de sympathie pour la personne de d'Alembert,— beaucoup moins que pour celle de Blaise Pascal : si celui-ci a écrit les *Lettres provinciales*, il a du moins achevé sa vie en écrivant les *Pensées*, — mais l'âme d'un savant nous intéresse, et surtout d'un savant devenu incroyant : n'y a-t-il pas là un problème qui a souvent et douloureusement préoccupé les penseurs (3) ? Et si ce malheureux savant est devenu hostile à ceux qui continuent de croire, et si cette

(1) Henri Poincaré, *Discours de Réception prononcé à l'Académie française, le 28 janvier* 1909. — Ce Discours est consacré à l'éloge de Sully Prudhomme. Incroyant lui-même, Poincaré raconte en des pages d'une infinie délicatesse, avec sympathie, avec compassion, l'histoire de l'âme de ce Sully, poète et philosophe, qui a connu tour à tour les joies de la lumière et les tourments des ténèbres, qui cherchait Dieu comme Pascal, et qui écrivait : « Dieu, c'est ce » qui me manque à moi, pour le comprendre ». Ces mots, Poincaré les eût volontiers écrits lui aussi, car lui aussi cherchait Dieu, plus que beaucoup ne le pensaient. Ce Discours a été reproduit dans le précieux recueil *Savants et Écrivains*, l'une des dernières publications (1913) de ce savant de génie, qui fut, en même temps qu'homme de science, écrivain hors ligne et penseur profond.

(2) Les croyances religieuses se trouvèrent-elles absolument anéanties en lui, ou bien ne furent-elles qu'étouffées chez cet homme devenu l'orgueilleux et dur sectaire ? Ce problème est hors de notre cadre. Disons que la seconde hypothèse expliquerait à la fois certaines paroles de La Harpe, qui l'a très bien connu, et aussi les agitations des dernières heures de d'Alembert, dont rendirent témoignage à La Harpe les « amis » qui « assistèrent » en ces heures-là l'ancien Encyclopédiste. Voyez aussi, dans les *Œuvres et Correspondance inédites de d'Alembert*, par Ch. Henry, Paris, 1887, une étrange lettre de d'Alembert, pp. 330-333, que le savant critique n'ose déclarer apocryphe et qu'il publie « comme un document de patho- » logie mentale à étudier ».

(3) « Pascal est pour nous un problème, et il est peu de pen- » seurs que ce problème n'ait préoccupés. » H. Poincaré, *Discours* cité.

hostilité va jusqu'à faire de lui l'un des plus acharnés ouvriers de l'œuvre de destruction qui amènera pour la France à la fin du siècle la catastrophe de la Société, de l'État et de la Religion, encore alors il est permis et il est bon d'étudier, sans colère et s'il est possible avec compassion, les premiers aveuglements et les égarements originels, puis chacun des principaux tournants de l'histoire intime et lamentable de ce docte et illustre coupable. Contentons-nous d'avoir signalé au lecteur ce point de vue, et revenons à la trame de l'histoire extérieure de d'Alembert.

Tout en accomplissant sa funeste incursion dans le pays de la Théologie, d'Alembert continuait de suivre les leçons de l'École de Droit ; il devint avocat en 1738, puis il s'essaya à l'étude de la Médecine ; enfin, âgé de vingt et un ans, il s'abandonna à son inclination naturelle et se livra tout entier à la culture des plus hautes Mathématiques. Bientôt commencèrent ses présentations de Mémoires à l'Académie des Sciences. Le 17 mars 1742, il fut élu membre de cette Académie, à titre de membre adjoint à l'Astronomie : il était âgé de vingt-quatre ans. Ses travaux se multiplièrent : plusieurs sont admirables, tel son *Traité de Dynamique*, et il devint sans plus de retard un géomètre célèbre.

Heureux encore, si toute sa vie se fût passée dans la haute et saine atmosphère de ces sciences que l'on appelait les Mathématiques sublimes. Sa réputation eût été moins bruyante, mais plus enviable. Sa correspondance fût restée toute scientifique, comme le furent jusqu'au bout les lettres qu'il échangea plus tard avec Lagrange. On eût continué à y reconnaître un écrivain spirituel et original, tout en y relevant des phrases impétueuses, des mots à l'emporte-pièce, des remarques plaisantes, des traits piquants. Car d'Alembert, comme il le reconnaît dans le portrait de lui-même, qu'il s'amusa à tracer en 1760, était « impatient et colère jusqu'à la violence : tout ce qui le contrarie, tout ce qui le blesse, fait sur lui une impression vive, dont il n'est pas le maître et qui se dissipe en s'exprimant ». L'Académie des Sciences et le progrès des Mathématiques fussent restés le centre de ses idées, et sa vie eût été plus heureuse et plus utilement féconde.

L'année 1751 marqua dans cette vie une ère nouvelle et fatale.

Diderot, esprit infiniment curieux de science et d'art, de littérature et de philosophie, et travailleur infatigable, avait élaboré le plan d'une immense encyclopédie, qui fût le répertoire de tout le savoir humain de son époque. Des imprimeurs de Paris l'en avaient, d'ailleurs, sollicité. Peu d'années auparavant, en 1728, à Londres, un compilateur intelligent et érudit, au surplus homme pratique comme tout anglais, Éphraïm Chambers, avait, en effet, publié un ouvrage analogue : les deux in-folio de la *Cyclopaedia* de Chambers, si défectueuse fût-elle, n'avaient aucunement appauvri les éditeurs. L'étendue des connaissances de Diderot, l'éclat de son style, la hardiesse de sa pensée, tout présageait une œuvre plus parfaite et plus brillante, plus vaste et plus solide que l'essai anglais. Par ses instances, Diderot réussit, dès 1745, à s'associer d'Alembert, déjà illustre dans la science. Les deux ouvriers entreprirent la tâche gigantesque, qui allait unir leurs noms dans une nouvelle et éclatante célébrité, célébrité d'un autre ordre que l'ordre scientifique. Qu'ils l'eussent prévu ou non, — et il semble que d'Alembert, soucieux de sa tranquillité, eût refusé d'entrer dans ce commun labeur, s'il en eût prévu une telle suite, — l'œuvre scientifique qu'ils entreprenaient, allait devenir dès le début de sa publication une œuvre de combat, et d'un combat d'une durée et d'un retentissement inouïs.

Les deux philosophes s'étaient accordés pour introduire en leur ouvrage et y envelopper de leur scepticisme toutes les questions de Théologie, et pour traiter avec une absolue « liberté de pensée », dans le sens nouveau donné par le langage de ce temps-là à ces mots, tous les problèmes de la Morale. La future Encyclopédie ne tarda pas à s'annoncer comme une œuvre essentiellement antireligieuse. Elle fut célèbre dès avant de naître ; son apparition était attendue avec méfiance : « Jansénistes et Molinistes », pour employer les expressions de l'époque, oubliaient presque, dans leur commune anxiété, leurs disputes quotidiennes. On connaissait Diderot : n'avait-il pas été enfermé vingt-huit jours au donjon de Vincennes, pour payer les libertés de sa plume

matérialiste et athée ? Parmi les ouvriers qui offraient ou acceptaient de collaborer à l'ouvrage de Diderot et de d'Alembert, plusieurs avaient un renom justifiant les inquiétudes des esprits chrétiens : au premier rang, Voltaire, qui avec son élan coutumier s'était enrôlé avant tout autre (1). On savait, en outre, que quelques abbés, en rupture de ban avec la Théologie catholique et avec la Philosophie scolastique, aussi bien qu'avec la Sorbonne et avec leurs évêques, avaient été chargés par Diderot d'écrire, sous ses yeux, les articles de Théologie et de Métaphysique. D'Alembert était sagement convenu que sa part de travail serait les Mathématiques : il rédigerait les articles relatifs aux parties élevées ou délicates de ces sciences ; il contrôlerait et, le cas échéant, il mettrait au point les articles qui touchaient les parties élémentaires, confiées à des mathématiciens d'une valeur ou d'une réputation moindres que les siennes (2). Les Mathématiques sont un pacifique champ de labeur, et il y était chez lui. Il se permit cependant plus d'une incursion en des terrains étrangers au sien. Ainsi, un certain article sur *Genève*, signé de lui, — chaque article de l'Ency-

(1) De Potsdam, où il est à la cour de Frédéric II, qu'il appelle en bon courtisan le Salomon du Nord, mais chez qui, écrit-il à d'Alembert, « il y a prodigieusement de baïonnettes et fort peu » de livres », Voltaire multiplie ses lettres à Diderot et à d'Alembert, et ne cesse d'animer leur ardeur en leur vaste travail. De son ton à demi plaisant, à demi sérieux, il leur écrit : « Atlas et Hercule, » vous portez le monde sur vos épaules ! » Un autre jour : « Tant que » j'aurai un souffle de vie, je suis au service des illustres auteurs » de l'Encyclopédie ». Et il envoie articles sur articles « au bureau qui instruit le genre humain ». On sait qu'à chaque moment cette correspondance respire moins l'esprit scientifique que la haine de la Philosophie chrétienne, de la Religion et de l'Église.

(2) Les articles sur les Mathématiques donnés à l'Encyclopédie par d'Alembert et par ses collaborateurs ont été réunis, accompagnés de nombreux articles nouveaux, dans le Dictionnaire intitulé : « *Encyclopédie méthodique : Mathématiques*, par MM. d'Alembert, Abbé Bossut, de la Lande, de Condorcet, etc. », publié de 1784 à 1789 par Panckoucke, à Paris, et Plomteux, à Liége, en trois volumes in-4°. plus un volume de planches. Ce répertoire des Sciences mathématiques, dans l'état de leur progrès à la fin du XVIIIe siècle, est d'autant plus précieux qu'il est détaché de l'Encyclopédie malsaine (et condamnée par l'Église) où figuraient ses articles.

clopédie était muni de la signature de l'auteur, — souleva la colère des pasteurs genevois, qui appelèrent Rousseau à la rescousse, et il y eut entre d'Alembert et Jean-Jacques une polémique, qui fit beau tapage.

Le tome premier de l'Encyclopédie parut en 1751. Ce premier des vingt-huit in-folio de l'œuvre grandiose, aujourd'hui bien oubliée, qui s'intitulait *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers* (1), s'ouvrait par un *Discours préliminaire*, d'une cinquantaine de pages, majestueux frontispice du vaste monument. Ce Discours était en entier de d'Alembert. Agé de trente-deux ans et membre des Académies des Sciences de Paris et de Berlin, d'Alembert n'était connu jusqu'alors que comme géomètre, mais Diderot le savait capable d'ouvrir leur commun ouvrage par un chef-d'œuvre, qui en préparât le succès. D'Alembert avait accepté.

Cette Préface, elle aussi, fut un événement. Cependant, soit que d'Alembert n'eût pas pris grand goût à cette besogne, qu'il sentait avec inquiétude devenir une œuvre de guerre, — lui, si ami des polémiques entre écrivains, tant qu'elles restaient inoffensives pour lui, mais désolé des « satires atroces » de ses adversaires, et effrayé par « les fagots » qu'elles amoncelaient contre ses écrits, — soit par quelque autre cause, ces pages, très remarquables en plusieurs endroits, ne constituèrent point un de ces chefs-d'œuvre qui sont destinés à survivre à leur siècle Les amis de l'Encyclopédie le sentirent, pensons-nous, mais ils convinrent de l'exalter quand même. Voltaire donna le ton aux éloges : « Ce Discours, écrit-il, est supérieur à la *Méthode* » de Descartes et égal à tout ce que le chancelier Bacon a » écrit de mieux ». C'était payer fort libéralement l'encens que d'Alembert avait brûlé en son honneur en certains passages de son Discours ; mais c'était saluer du même

(1) « *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts* » *et des Métiers*, par une Société de Gens de lettres. Mis en ordre et » publié par M. Diderot, et, quant à la Partie Mathématique, par » M. d'Alembert. » — L'ouvrage comprit 28 volumes, dont 17 volumes de texte et 11 volumes de planches ; en outre, il parut en 1776-1780 quatre volumes de Supplément.

coup l'entrée dans le monde de cette Encyclopédie, dont le futur patriarche de Ferney aimait à se considérer comme le père. Par ricochet, cette phrase maligne de l'auteur des *Lettres sur les Anglais* égratignait fortement Descartes, que Voltaire ne supportait pas, en le plaçant au-dessous de François Bacon, que Voltaire adorait et que d'Alembert avait soigneusement mis sur le pavois. L'heureuse Préface fut sans retard admirée du roi Frédéric : le roi de Prusse jouait au Louis XIV, mais un Louis XIV libertin. Elle reçut les éloges de Montesquieu, d'ailleurs lui aussi loué par d'Alembert et qui, au surplus, s'était inscrit parmi les Encyclopédistes. Les salons de Paris s'empressèrent d'attirer « ce prodigieux et aimable jeune géomètre », auquel ils s'intéressaient fort peu la veille. L'Académie française ne connut pas de repos qu'elle ne l'eût admis parmi ses membres en 1756 : la résistance fut longue, un certain nombre de ses membres soutenant la campagne contre l'esprit nouveau et ayant su faire échouer trois ou quatre fois cette inquiétante candidature. Plus tard, en 1772, elle l'élira son Secrétaire perpétuel : ne prenait-il pas déjà la parole à presque toutes les séances publiques, et Voltaire, à l'occasion d'une de ses lectures, ne l'avait-il pas appelé « le premier écrivain du siècle » ?

Ainsi, par sa célèbre Préface, d'Alembert était entré de plain-pied dans la carrière littéraire. Désormais, il partagera les heures de chacune de ses journées entre le service des Lettres et de la Philosophie et le service des Sciences mathématiques.

Cette Préface, ou, pour employer le synonyme solennel usité alors, ce *Discours préliminaire* appartient davantage à l'histoire de la Philosophie des Sciences qu'à l'histoire des Belles-Lettres. A ce titre, nous aimons de l'examiner. Cependant, n'en déplaise aux amis de d'Alembert, sa date, 1751, ne s'est point aussi profondément imprimée en la mémoire des philosophes et des savants que les dates inoubliées 1620 et 1637, marquées par les apparitions du *Novum Organum* de Bacon et du *Discours de la Méthode* de Descartes.

Si l'on eût prié Blaise Pascal, au siècle qui précéda d'Alembert, ou Henri Poincaré, en notre propre siècle,

d'écrire une préface pour quelque magnifique répertoire de toute la science humaine de leur époque, l'élévation de la pensée de celui-là, l'étendue et la profondeur du regard scientifique de celui-ci, eussent pu nous doter d'œuvres merveilleuses. D'Alembert ne fit point une œuvre pareille, si belles que soient de nombreuses pages de son Discours. Il eut cependant une très heureuse idée : il développa en son Discours deux tableaux successifs, l'un, le tableau de la classification de nos connaissances ; l'autre, le tableau historique de leur progrès depuis la Renaissance.

La première partie du Discours a pour objet la classification des Arts et des Sciences. Il s'agit de classer, dans leur coordination logique ou dans leur subordination soit hiérarchique, soit généalogique, les précieux produits de l'activité de l'esprit humain, comme Antoine-Laurent de Jussieu et Cuvier feront un jour à l'égard des admirables produits de la nature. Le crayon de d'Alembert est ferme, précis, et même élégant. Il y manque la vie, la chaleur, l'émotion esthétique, toutes choses que nous demandons à qui veut nous décrire l'arbre superbe de la Science et nous énumérer ses branches si vivantes aux rameaux si féconds. Il y manque surtout une philosophie à base solide, une psychologie saine, des doctrines élevées et sûres d'elles-mêmes. L'esprit voltairien futur y est déguisé, d'ordinaire, par une réserve et une modération qui ne dureront point.

La méthode de classification adoptée est purement et simplement celle de Bacon. Le problème dont d'Alembert emprunte la solution du Chancelier anglais, eût pourtant mérité de la part de l'Académicien français un effort plus personnel que cette simple transcription. Inventorier les richesses accumulées par l'esprit humain est un problème qui, à travers les siècles, a sollicité les efforts de nombreux savants et philosophes, des plus illustres, depuis Socrate, Platon et Aristote, pour remonter aux chefs de la pensée scientifique ancienne, jusqu'à nos contemporains de toute école, André-Marie Ampère; Auguste Comte, Spencer, Renouvier. On peut classer nos connaissances en se plaçant soit au point de vue du *sujet* connaissant : on envisage les facultés diverses mises en action pour les acquérir et leurs modes de procéder ; soit au point de vue de l'*objet* connu : on consi-

dère les matériaux de ces connaissances et les aspects particuliers sous lesquels ils sont étudiés. Souvent les deux méthodes s'entr'aident. La première, la méthode « subjective », semble arbitraire et artificielle, et amène des confusions ; la méthode « objective » paraît plus naturelle, plus aisée, plus favorable à la clarté et à la précision. D'Alembert, avec son esprit géométrique, et ses hautes facultés scientifiques, eût pu nous apporter une classification originale, probablement très objective et qui devançât et dépassât celle de Comte, lui aussi esprit géométrique, mais aux fâcheux travers mentaux. Soit pour obéir à un mot d'ordre de Voltaire ou à un désir de Diderot, soit qu'il ne se sentît pas encore vraiment né à la Philosophie, — car le problème de la classification de nos connaissances appartient aux confins de la Science et de la Philosophie, — d'Alembert se contenta, nous l'avons dit, de copier la classification de François Bacon, sauf à faire subir de légères retouches et ajoutes à l'œuvre, assez vieillie après cinq quarts de siècle, du Chancelier d'Angleterre. Bacon a dressé sa « Division générale » des Sciences en lui attribuant trois branches maîtresses, car l'esprit humain lui apparaît muni de trois facultés maîtresses, la Mémoire, la Raison et l'Imagination. La Mémoire, ayant pour objet de recueillir les faits de l'histoire humaine et les faits de l'histoire de la Nature, donne naissance à l'Histoire civile et à l'Histoire naturelle ; la Raison s'occupe de la science de Dieu, de la science de l'Homme, corps et âme, et de la science de la Nature ; enfin l'Imagination engendre la Poésie (1). Nous ne nous arrêterons pas ici à faire la critique de ce tableau général des Sciences, d'ailleurs aujourd'hui bien démodé.

La seconde et la plus brillante partie du Discours préliminaire est le tableau historique des progrès de l'esprit humain, depuis la Renaissance, c'est-à-dire depuis son renouvellement par l'invention de l'imprimerie et par l'immigration des savants du Bas-Empire, nous apportant les richesses de la science antique.

D'Alembert, avec un style digne du sujet, porte sur les

(1) *De Dignitate et Augmento Scientiarum* (1623).

grands hommes qu'il fait se succéder devant notre regard, des jugements en général dignes de son esprit supérieur, mais parfois, et trop souvent, étranges et peu excusables.

Dans l'histoire des Belles-Lettres, il loue, en des termes on ne peut plus heureux, Malherbe et Balzac, Corneille et Racine, Despréaux, Molière et Lafontaine, enfin le grand Bossuet, qu'il place à côté de Démosthène : d'Alembert aspirait à montrer, comme il dit un jour, qu' « un géomètre peut avoir le sens commun ». Descartes « est jugé de » haut par un de ses pairs comme géomètre, par un adver- » saire indulgent pour les autres faces de son génie ; sur sa » Philosophie et sur sa Physique, d'Alembert est bien loin » de vouloir l'amoindrir ». Cette impression de Bertrand ressort bien de la lecture des pages consacrées à Descartes par d'Alembert : elles sont vraiment dignes de l'un et de l'autre. Quant à l' « immortel » chancelier d'Angleterre, François Bacon, et au sage philosophe Locke, « qui créa la Métaphysique comme Newton créa la Physique », il semble bien les mettre à la tête des principaux génies que l'esprit humain regarde comme ses maîtres. Arrivant à Newton, il écrit sur ce géomètre et ce philosophe, son véritable maître à lui, de belles pages, mais non dignes encore d'un tel sujet. Galilée, Huygens et Pascal sont salués chacun de quelques mots fort brefs, et ces mots sont regrettables et nous semblent même ironiques. Leibniz n'est point traité comme il eût convenu : plusieurs phrases du court paragraphe accordé à ce génie sont dures et sonnent faux ; il mérite, dans l'invention du Calcul différentiel, plus qu'une « mention honorable », et sa Métaphysique, malgré ses insuffisances et ses erreurs, pouvait être traitée avec respect.

Le Discours préliminaire de l'Encyclopédie fut accueilli par des applaudissements, auxquels se mêlèrent, même de la part des admirateurs, de vives critiques. En général, les adversaires de l'Encyclopédiste joignirent à leurs reproches et à leurs attaques le respect dû au savant illustre qu'ils attaquaient ou plutôt contre qui ils se défendaient eux-mêmes.

Dans les pages précédentes, nous avons raconté les premières années et la formation scientifique de d'Alembert,

le suivant d'année en année, interrompant par moments notre récit (car le chemin des écoliers nous plaît), par exemple pour examiner comment en ses temps-là l'Université de Paris résolvait en ses collèges certains problèmes de pédagogie scientifique ou philosophique. Nous avons raconté ensuite son début dans sa funeste carrière d'Encyclopédiste, où il était censé n'entrer que comme ouvrier « pour la partie mathématique », terrain qu'il déserta fréquemment et dès le Discours préliminaire. Nous ne le suivrons pas plus loin.

Si en quelque article ultérieur nous nous occupons de nouveau de lui, ce sera le géomètre seul que nous envisagerons. Philosophe, et « philosophe sceptique en tout, excepté dans les Sciencee exactes » — ce sont ses propres termes — d'Alembert se prête aux plus sévères critiques. Il n'en va plus ainsi, dès qu'il ne nous apparaît qu'en géomètre. Les Mathématiques sont la véritable patrie de son esprit : il y revient toujours avec joie, avec passion. Que n'y a-t-il sans cesse habité, ne s'en exilant pas un seul jour de sa vie ! Il s'y montrait un génie de premier ordre : cela aurait dû suffire à ses ambitions. Il n'aurait pas été moins grand et il aurait été heureux.

B. Lefebvre, S. J.

II

L'HOMME FOSSILE *(suite et fin)* (1)

En écrivant les *Religions de la préhistoire*, le P. Mainage a fait preuve de clairvoyance, de hardiesse et d'habileté. Les imperfections de son œuvre sont elles-mêmes honorables. Elles ne proviennent ni de la négligence ni de la précipitation ; ni du dédain de la recherche ni de la hâte

(1) Cf. : Revue des Questions scientifiques, juillet 1921, pp. 164-180.

de conclure ; elles tiennent aux conditions de travail, imposées à l'auteur par sa vie et par ses fonctions officielles. Le P. Mainage est professeur d'histoire des religions à l'Institut catholique de Paris, et l'histoire des religions est un redoutable carrefour, où débouchent les disciplines les plus diverses, même les plus étranges ; où se rencontrent des compétences d'origine très disparate : la théologie dogmatique, la psychologie expérimentale, l'histoire profane, l'ethnographie comparée, la sociologie, le folk-lore, l'archéologie ; toutes sciences d'âge varié, de méthodes différentes, et inégalement sûres, toutes sciences, en partie au moins documentaires et inductives, et dont les matériaux dispersés aux quatre coins du réel, dans les livres ou dans les choses, doivent être rassemblés, triés, et interprétés prudemment. La synthèse n'en est pas encore faite et les amateurs avides de résultats définitifs, les esprits despotiques se détournant volontiers du chercheur qui tâtonne, condamneront sans doute, avec le même mépris, l'histoire des religions et la préhistoire « toute pourrie d'hypothèses pleines de vent ».

Le P. Mainage a vu plus clair que tous ces myopes et il s'est mis à la besogne. Il a compris que la préhistoire était devenue une science, une science d'une portée incalculable, parce qu'elle est de nature à modifier le jugement de l'homme sur lui-même, sur son œuvre et sur le monde, et parce que tout changement dans l'idée que l'homme a de lui est comme un changement dans la mise au point d'un objectif : la perspective entière est transformée. Pour traiter de première main un sujet aussi vaste que la religion paléolithique, il faudrait avoir consacré sa vie entière à ces études. Un jour ou l'autre, l'abbé Breuil se décidera bien à nous donner cette synthèse du paléolithique, qui nous manque si fort. En attendant, le livre du P. Mainage pourra rendre des services, de grands services. Avec une parfaite bonne foi l'auteur reconnaît que son information n'est pas originale. Nous ne croyons pas qu'il ait jamais dirigé personnellement des fouilles ailleurs que dans des livres, ou qu'il ait exploré des gisements archéologiques autrement que comme un amateur très érudit. En tout cas son livre ne porte pas trace d'un pareil travail, et les « leçons de la pioche » en sont absentes.

Le P Mainage a d'ailleurs pour lui toutes les excuses. Professeur d'histoire des religions, il a dû s'occuper de la psychologie des convertis, du problème de la foi, du spiritisme et des expériences du Dr Geley. Il l'a fait avec beaucoup de tact et d'esprit. On ne peut lui demander d'être en même temps à son bureau de travail et sur les terrains de fouille, et seuls des intraitables lui en voudraient d'avoir composé son livre avec des livres.

Il les a d'ailleurs judicieusement choisis. La collection inestimable de l'*Anthropologie* — le plus merveilleux répertoire d'archéologie préhistorique qu'on puisse trouver — a été mise sur fiches par le P. Mainage, et un contrôle, même rapide, permet de constater que tous les volumes de ce périodique, jusqu'au XXIXe inclusivement, ont été l'objet d'un consciencieux dépouillement (1).

Le manuel de Déchelette ; les magnifiques publications du Prince de Monaco sur les cavernes espagnoles et pyrénéennes ; l'album de Piette : *L'art pendant l'âge du renne ; Le Répertoire de l'art quaternaire*, de Salomon Reinach ; Lévy-Bruhl, Durkheim, Spencer et Gillen, quelques articles de l'*Anthropos*, les études du P. Schmidt sur les pygmées et l'origine de l'idée de Dieu..., il y a incontestablement beaucoup à prendre dans tous ces volumes. Le P. Mainage s'entend à glaner de-ci de-là des observations, qu'il noue en gerbe et qu'il présente avec un art incontestable.

Oserions-nous dire que nous regrettons que sa documentation *ethnographique* soit si dépendante de ces auteurs ? Le livre de Lévy-Bruhl sur *Les fonctions mentales dans les sociétés inférieures* en fournit bien près de la moitié. Or Lévy-Bruhl est déjà un ouvrage de seconde main ; et on est un peu vexé de voir le *Journal* de Charlevoix, les publications de documents américains de Burrows, les études du *Smithsonian Institute*, etc... ne nous parvenir dans le livre du P. Mainage qu'après un filtrage préalable. Lévy-Bruhl n'est d'ailleurs pas un spécialiste de l'ethnographie ; et travaillant à Paris, notre auteur aurait pu sans doute consulter lui-même les mémoires originaux.

(1) A l'exception du tome II, semble-t-il, dont nous n'avons pas retrouvé de traces. Les livraisons postérieures au tome XXIX (1919) n'ont pas été utilisées.

Peut-être devons-nous attribuer à la même cause — étude trop exclusivement livresque — certaines insuffisances, qu'une seconde édition atténuera sans aucun doute. Un exemple : la première règle de la méthode en archéologie, c'est de procéder par niveaux et de ne pas mêler les différentes strates. Le P. Mainage le sait fort bien et il le répète en termes excellents. Mais la stratigraphie ne doit pas seulement s'observer sur le terrain. Quand on interprète des résultats, il faut soigneusement classer les niveaux chronologiques et ne pas étendre à des ensembles hétérogènes les observations faites dans un milieu déterminé et valables pour une époque particulière. Tout un chapitre des *Religions de la préhistoire* est consacré aux sépultures quaternaires. Il aurait fallu distinguer l'époque du paléolithique supérieur et celle du paléolithique moyen, on mieux encore le cas des néanderthaliens, et le cas des chasseurs de rennes. Pour ces derniers la sépulture intentionnelle est évidente et le soin des défunts (nous ne disons pas le culte des morts) presque minutieusement réglé. Pour les moustériens au contraire les preuves de sépulture sont moins nettes, moins généralisées, et contestées par des savants de la valeur de M. Boule. Nous ne reviendrons pas sur ce sujet — ayant déjà exposé dans le numéro précédent notre manière de voir. Le P. Mainage n'a pas eu connaissance de la dernière découverte du Dr Capitan et de M. Peyrony, à la Ferrassie. Son livre était imprimé quand ces deux éminents archéologues, en mai dernier, ont exhumé un squelette moustérien, enfoui dans une fosse funéraire, recouverte d'une dalle de calcaire très dur, dont la paroi *interne* portait une série de petites cupules intentionnellement creusées par l'homme. Le Dr Capitan a annoncé cette découverte deux fois remarquable au Congrès international d'anthropologie de Liége, dans les derniers jours de juillet. Elle clôt la controverse sur les sépultures moustériennes, et elle nous montre une œuvre d'art, grossière encore mais nettement définie, bien avant l'aurignacien.

Même après ces trouvailles on aurait tort de généraliser et de parler, comme le fait le P. Mainage, des « rites qui présidaient à l'ensevelissement des morts paléolithiques » (1).

(1) P. 165.

Le paléolithique est immense et le moustérien n'en est pas le premier chaînon. Le P. Mainage nous dit même que le chelléen a bien des chances de ne pas l'être (1). Et personne ne le contredira. Or, que sait-on des coutumes funéraires des chelléens ? Rien, absolument rien, et aucune méthode scientifique ne permet de combler, par une induction contagieuse, les lacunes béantes de nos documents archéologiques. Distinguons les niveaux.

On trouvera sans doute, malgré les réticences dont il l'enveloppe, que la conclusion du P. Mainage dépasse singulièrement les faits observés quand il nous déclare qu'à « l'époque moustérienne la vénération l'emportait sur la peur des morts »... (2).

Il serait presque impossible d'établir une pareille proposition pour nos propres contemporains. La psychologie des sauvages est elle-même tellement déconcertante que les meilleurs observateurs se bornent à la décrire, en avertissant que l'unité de commune mesure entre ces primitifs et nous demeure insaisissable. Que penser, dès lors, de ces lointains chasseurs paléolithiques ? Nous n'arrivons pas encore à comprendre l'art de l'époque du renne ; tout le zoomorphisme exubérant de ces troglodytes est pour nous un immense mystère, et nous nous risquerions à doser, chez eux, les proportions respectives de sentiments aussi délicats que la crainte et la vénération... ! J'ai peur qu'il n'y ait là une fâcheuse irruption de scolastique conceptuelle dans une discipline purement archéologique, et comme une thèse égarée dans des faits.

On la retrouve, d'ailleurs, sous une autre forme, dans la conclusion du volume. Le P. Mainage pose hardiment cette question, qui donnera le frisson à tous les « fouilleurs » : L'idée de Dieu, à l'*âge du renne*, est-elle en décadence par rapport à ce qu'elle fut sans doute aux âges antérieurs ? (3)

En l'absence de tout document archéologique capable de nous renseigner sur les idées religieuses des moustériens, il faut tranquillement classer ce problème parmi les

(1) P. 70.
(2) P. 190.
(3) P. 373.

questions insolubles. La science naturelle n'a rien à en dire. Cette réponse négative paraît un peu trop brutale au P. Mainage et son ingéniosité, très souple, jette un pont de liane sur l'abîme. La tentative est intéressante. On y saisit sur le vif la substitution, du livre au document, et du système au réel. Le P. Schmidt, universellement apprécié comme ethnographe, « ramène à trois groupes principaux les causes de la dégénérescence du monothéisme primitif : l'animisme, les mythologies astrales, les vicissitudes de la politique » (1). Cette réduction n'a rien de bien décisif et la diversité foncière de ces causes montre clairement qu'il ne s'agit pas d'un catalogue complet, valable pour toutes les époques et fondé sur « la nature humaine ». Mais passons. Le P. Mainage examine ces causes une à une. Vicissitudes politiques ? Il est difficile d'en observer le jeu à l'époque paléolithique. Cultes astraux ? Nous n'avons presque aucun dessin quaternaire représentant sûrement des astres. Animisme ? Ici, la réponse négative est impossible. « Nos troglodytes étaient » animistes. S'ils ne l'avaient pas été, ils n'auraient pas voué » un culte religieux aux esprits des animaux » (2).

De plus, ils pratiquent la magie. Pour ce qui concerne le culte des morts et le totémisme proprement dit, notre auteur croit avoir apporté de bonnes raisons d'en douter. Il est vrai que certains peuples, les Bantous p. ex., tout en gardant un bon nombre de pratiques animistes, ont un sentiment très pur de l'Être suprême... et donc « l'homme quaternaire, tout animiste et magiste qu'il fut, a pu garder le souvenir fidèle de Dieu ».

Nous sommes encore dans de pures hypothèses sans consistance ; mais voici que, sans transition aucune, on nous propose « la solution du problème monothéiste aux temps pleistocènes » (3).

« Lorsqu'on a pesé, mûri, comparé les raisons capables » d'éclairer le débat, on est en droit de conclure qu'au temps » des glaciers, la décadence religieuse était peut-être moins » prononcée qu'elle ne l'est parmi nombre de peuplades de

(1) P. 373.
(2) P. 379.
(3) P. 381.

Primitifs actuels. Le germe morbide était semé. Il n'avait pas encore donné tous ses fruits. Le totémisme, la mythologie astrale, le culte des morts et des ancêtres n'avaient pas encore surgi à l'horizon de cette humanité, plus saine, plus vigoureuse que l'humanité sauvage d'aujourd'hui. Et si l'on réunissait, dans un seul chœur, les voix de tous les Primitifs du présent et du passé, celle de l'homme préhistorique monterait sans doute plus puissante et plus pure vers le Dieu créateur... » (1).

Il nous est impossible de voir dans cette conclusion autre chose qu'un beau morceau littéraire, rehaussé d'une petite pointe de lyrisme.

On nous parle « du temps des glaciers » comme s'il s'agissait d'une période homogène et connue dans son ensemble. Or, nous le répétons et le fait est incontestable, les premiers termes de la série archéologique sont, au point de vue de leur psychologie, de pures énigmes. Le néanderthalien n'est lui-même qu'une ombre mystérieuse ; le chelléen, contemporain du dernier interglaciaire, a existé, et il a taillé des pierres. C'est à peu près tout ce qu'on en sait. La mâchoire de Mauer ne nous renseigne guère sur les idées religieuses de son lointain propriétaire. Elle nous montre en lui un profil terriblement bestial. Et c'est tout. Le P. Mainage se ralliant à l'opinion de M. Boule au sujet de l'homme de Piltdown, nous ne voyons plus comment sur des bases archéologiques quelconques on pourrait construire des hypothèses même légères et s'aventurer dans la psychologie des chelléens. De ce que l'*homme* pensait au *temps des glaciers* nous ne savons quasi rien. Dire que le « monothéisme pleistocène » est probable c'est sortir hardiment des limites de l'expérience et peut-être même appliquer un concept défini à une réalité, qui ne le comporte pas. Est-ce qu'un enfant de quatre ou cinq ans est monothéiste, au sens philosophique du mot ? Dans son esprit plastique, tout envahi d'images et d'impressions, bien des éléments se rencontrent et fusionnent, que la réflexion de l'adulte reconnaîtra incompatibles. Il y a, semble-t-il, une erreur de méthode à vouloir juger ces mentalités encore amorphes d'après les

(1) *Loc. cit.*

règles de notre pensée critique. Les résultats de pareilles recherches ne peuvent être que décevants, et derrière les mots que l'on aligne il ne reste plus que bien peu de réalité. Pourquoi ne pas se demander si l'homme des glaciers croyait à la science ? ou s'il était démocrate ?

Le P. Mainage ajoute que l'homme quaternaire était plus sain, plus vigoureux que le sauvage d'aujourd'hui. Encore une fois, il nous est difficile de découvrir sur quoi s'appuie pareille affirmation. Il est sûr que le contact de la civilisation européenne a été pour beaucoup de peuplades sauvages ce que fut pour le pot de terre de la fable le voisinage de son congénère plus résistant et plus brutal. Les Indiens de l'Amérique du Nord sont réellement dégénérés. Mais pourquoi prétendrait-on que les Hurons, ou les Caraïbes appartiennent à des souches amoindries ? pourquoi les Andamans seraient-ils inférieurs aux moustériens de la Lesse ou de la Vézère ?

La vérité est que le néanderthalien est, anatomiquement, beaucoup plus distant du dernier sauvage d'Australie, que celui-ci l'est de nous. La vérité encore est que ce néanderthalien, s'il n'est pas en régression, comme M. Boule semble disposé à l'admettre, n'en est pas moins fâcheusement immobile, ne possédant qu'une esthétique rudimentaire et se contentant d'un minimum de confort, si ce mot n'est pas lui-même un anachronisme. La race de Néanderthal n'est pas homogène, dit le P. Mainage ; elle présente « çà et là, des différences qui ne permettent pas de faire rentrer, sous la description qu'on en donne, tous les exemples qui aspirent à la représenter » (1). Nous croyons que cette phrase disparaîtra dans une prochaine édition ; car si une chose est significative dans cette race de Néanderthal, c'est son indéniable et extraordinaire fixité morphologique. « Race doublement fossile », disait très heureusement M. Boule, parce qu'au moment où nous la découvrons elle a déjà tous les caractères d'un type très ancien, incapable de se renouveler.

Peut-être le P. Mainage nous dira-t-il qu'en parlant de cette humanité glaciaire, plus saine et plus vigoureuse que nos chétifs sauvages d'aujourd'hui, c'est surtout

(1) P. 40.

aux chasseurs de rennes qu'il songe, à la race de Cro-Magnon, aux merveilleux artistes magdaléniens, dont il a décrit, dans des chapitres admirables et en puisant aux meilleures sources, les gravures et les peintures pariétales, les sculptures éburnéennes et le mobilier décoratif.

Nullement. Ces artistes, précisément parce qu'ils ont le culte de la forme, parce qu'ils sont fascinés par l'image, sont, d'après notre auteur, sur la pente de l'idolâtrie. « Qui sait si les Paléolithiques, pour être devenus des artistes, ne furent pas, eux aussi, prématurément conduits à adorer le veau d'or !... » (1). Car le système totémique est entièrement lié au développement des arts glyptique et pictural, et la régression religieuse serait parallèle à la progression artistique...

On sent tout ce que cette thèse ingénieuse a de fragile. On suppose qu'à l'aurore du pléistocène le chasseur paléolithique était monothéiste. En effet, assure-t-on, la méthode ethnographique nous montre l'idée de Dieu dès les niveaux les plus bas de la civilisation, et on ne saurait l'expliquer par les causes invoquées pour rendre compte de ses origines (2).

Ici notre auteur s'en remet aux études très consciencieuses du P. Schmidt. Mais il est permis de penser que la conclusion qu'il en tire dépasse de beaucoup la portée des observations recueillies. Une enquête totale sur la psychologie des sauvages est loin d'être faite. Les documents ne sont même pas encore classés. Trop souvent les auteurs y prennent pêle-mêle, sans critique préalable, ce que des « voyageurs » ou des missionnaires ont consigné. Et quand on songe combien il est difficile d'établir un simple procès-verbal de fouille, on se demande ce que valent les neuf dixièmes de ces rapports ethnographiques, rédigés souvent à la hâte par des explorateurs mal préparés ou trop inventifs.

Et en supposant même que tous les sauvages aujourd'hui connus se manifestent plus ou moins monothéistes, de quel droit étendra-t-on cette conclusion aux paléolithiques, surtout aux paléolithiques inférieurs ? Le P. Mainage,

(1) P. 277.
(2) P. 362.

dans un chapitre laborieux, établit les limites et les règles de la méthode ethnographique. La première de ces règles est formulée de la manière suivante : « Toute interprétation des phénomènes religieux qui n'est pas appuyée par un document archéologique est caduque. Cette règle assigne une limite obligatoire aux incursions de l'Ethnographie dans le domaine de la Préhistoire » (1).

On ne saurait mieux dire ; mais où donc se trouvent les documents archéologiques établissant le monothéisme des moustériens ? « Une étude sur les religions de la Préhistoire ne dépasse point, en remontant vers les origines, les niveaux éburnéens de Brassempouy » (2). Nous sommes donc à l'aurignacien, et l'investigation devrait normalement s'arrêter là où le document nous fait défaut.

Le P. Mainage assure qu'aux niveaux inférieurs du paléolithique on ne trouve pas ces « germes morbides », qui dans la suite altéreront progressivement le monothéisme primitif : totémisme, mythologie astrale, culte des morts et des ancêtres. Mais cette absence de « germes morbides » n'est que l'absence de toute indication archéologique. Il est très difficile d'observer sur une mandibule, comme celle de Heidelberg, des traces de « mythologie astrale » ; et tout en concédant que la critique du totémisme à l'âge du renne est très pénétrante et très bien menée (3), on ne peut s'empêcher de trouver un peu trop vaste la conclusion que l'auteur en déduit : absence de culte zoolâtrique au quaternaire inférieur. Vouloir préciser la pensée religieuse de ces peuplades primitives, quand on ne possède que quelques outils chelléens avec deux ou trois fragments de squelette, c'est, malgré l'incontestable talent et le labeur immense fourni par notre auteur, c'est peut être... chercher « l'âge du capitaine ».

Une dernière remarque. La thèse que le P. Mainage pousse méthodiquement à travers tout son livre : celle d'un monothéisme quaternaire progressivement altéré au cours des

(1) P. 137.
(2) P. 372.
(3) C'est, croyons-nous, un vrai petit chef-d'œuvre de clarté et d'érudition.

âges, le force à dire un mot de la chronologie. En effet, ce monothéisme quaternaire, c'est bien à la révélation primitive qu'il le rapporte. Il l'appelle « une induction fondée sur la foi » (1). Dès lors il y a un intérêt capital à raccourcir autant que possible la série de siècles qui séparent nos moustériens des origines de l'humanité. Le P. Mainage, avec une entière probité, tient compte des données incontestables de l'archéologie. Quand il ne parle pas *ex professo* de la question de date, les expressions qu'il emploie suggèrent l'idée d'une période immense, écoulée depuis les premiers balbutiements de l'homme sur la terre. C'est « un abîme de millénaires » (2) qui s'entr'ouvre devant notre esprit ; l'antiquité chelléenne est « prodigieusement perdue dans le recul des âges » (3). Mais quand il s'agit de préciser un chiffre, il cherche une « chronologie raisonnable » (4), il se contente d'un « âge bien vénérable » (5) : il déclare avec infiniment de raison et d'opportunité que ni la Bible ni l'Église n'enseignent, à titre de révélation, aucun système chronologique : et un chiffre finit par se poser furtivement, comme un oiseau se pose sur une feuille de nénuphar : 13.000 avant notre ère pour l'homme chelléen, ou 14.000 ; et cinquante pages plus loin nous en sommes à « quelque 15000 ans » (6)

Ces hésitations sont très honorables. Mais la méthode employée n'est peut-être pas à l'abri de toute erreur. Grouper de part et d'autre les évaluations maxima et minima, critiquer sommairement quelques-uns des arguments désuets invoqués par les maximistes, et conclure que la vérité est dans « la moyenne » des chiffres adoptés par les autres, c'est du pur arbitraire. Le néolithique cesse en Égypte environ six millénaires avant J.-C. Le P. Mainage le rappelle lui-même (7). En toute bonne foi peut-on faire tenir tout le néolithique et tout le paléolithique en six ou sept mille ans ?

(1) P. 372.
(2) P. 145.
(3) P. 2.
(4) PP. 388-142.
(5) P. 54.
(6) P. 107.
(7) P. 108.

Et le chelléen est-il le premier terme existant ? Tout semble indiquer le contraire (1). Et dès lors une date quelconque est-elle encore assignable ? Nous ne croyons pas qu'un seul géologue, au courant du quaternaire, puisse se contenter des chiffres de notre auteur. Ils exigeront tous qu'on les fasse précéder d'un coefficient énergique. Et les paléontologistes feront comme eux. Il est sûr que l'humanité est incomparablement plus vieille qu'on ne le pensait en général avant l'avènement de la préhistoire comme science. Il est sûr que l'avancée et le retrait des immenses glaciers scandinaves, pour ne parler que de ceux-là, n'a rien eu d'un phénomène subit. Tout indique que, sans cataclysme universel, par une succession de changements au rythme très lent, le sol de notre Europe occidentale a passé par trois régimes au moins, et trois régimes très divers, depuis que l'homme l'habite. Et quand on songe qu'à l'époque néolithique le relief du terrain — en Belgique, par exemple, où nous avons pu le constater bien des fois — était presque identique à ce qu'il est aujourd'hui ; quand on ramasse à fleur de sol sur toute l'étendue de la Campine les silex tardenoisiens ; quand on découvre sur les îlots émergeant de marécages imparfaitement desséchés l'outillage et les fonds de cabane des pêcheurs néolithiques, on ne peut s'empêcher de penser que ceux-ci, déjà distants de nous de plusieurs millénaires, doivent être à une distance incalculable des ancêtres moustériens ou chelléens, contemporains d'une Belgique notablement différente de celle que voient nos yeux, associés à une faune entièrement disparue, et ensevelis avec leur outillage sous l'épaisseur de vastes dépôts d'alluvions. Les chiffres les plus forts n'ont rien de ridicule, et les plus « raisonnables » ne sont certainement pas les plus modérés.

Nous ne chercherons pas querelle au P. Mainage pour quelques petites erreurs de détail, éparpillées de-ci de-là dans son gros volume. Il faut plutôt admirer le labeur stupéfiant dont témoignent ces quinze cents pages et féliciter le professeur audacieux qui s'est attaché à pareille besogne. Des inexactitudes d'information ou d'expression sont iné-

(1) P. 70.

vitables dans un aussi vaste ensemble. En voici quelques-unes que nous nous permettons de signaler à l'attention du savant écrivain.

Les squelettes de Tilbury et de Galley-Hill sont douteux tout aussi bien que les crânes de l'Olmo et de Bury-Saint-Edmunds et les fragments de la Denise. On ne peut pas les ranger tout simplement au paléolithique inférieur et l'abbé Breuil faisait, déjà en 1907, des réserves qu'il ne diminuerait certes pas aujourd hui (1).

Ce n'est pas un crâne mais bien des *fragments* de deux crânes qui ont été recueillis par Dawson et Smith Woodward dans les graviers de l'Ouse près de Piltdown (2). Il n'est pas exact non plus que la mâchoire de Piltdown et le crâne n'aient jamais pu être emboîtés, ni qu'on ait constaté cette impossibilité (3). S'il en était ainsi, la discussion entre savants n'aurait pas eu lieu ou se serait promptement terminée. En fait, le condyle du maxillaire est brisé, et personne ne peut savoir s'il s'emboîtait ou non dans la fosse glénoïde du temporal. Le P. Mainage, à la suite de M. Boule, se débarrasse un peu lestement de l'*Eoanthropus*. Il ignorait certainement, en écrivant son livre, les dernières découvertes du Sussex. L'homme de Piltdown réserve, semble-t-il, des surprises à ceux qui l'ont déclaré artificiel, composite, fait d'une mâchoire de chimpanzé et d'un crâne humain très épais. Un grand point d'interrogation est de mise au bout de ces verdicts provisoires.

Contrairement à ce que dit notre auteur aucun des deux squelettes de Spy n'est entier. Le second est même très défectueux (4).

Il aurait fallu mentionner au paléolithique moyen la mâchoire de la Naulette, découverte par Édouard Dupont ; et celle de Baoñlas, dont nous avons parlé dans le numéro précédent de la REVUE. En revanche, le squelette de Clichy aurait pu être laissé dans ce « bric-à-brac de vieux os » mal datés, dont M. Boule, avec raison, ne veut pas qu'on en-

(1) P. 34.
(2) *Ibid.*
(3) P. 44.
(4) P. 35.

combre la préhistoire humaine. Le crâne de Gibraltar l'aurait avantageusement remplacé. Les notes, très érudites, dont s'accompagne le texte de notre auteur, corrigent parfois, mais insuffisamment, des inexactitudes. C'est ainsi qu'à la page 44 une note nous apprend que le crâne de Galley-Hill est suspect ; et c'est ce même crâne qui figure comme « débris de squelette » et non comme crâne dans la liste des documents du paléolithique inférieur à la page 34, sans aucune restriction. On dirait que toutes les parties du livre n'ont pas eu le temps de bien se fondre et que des fiches diverses, parfois disparates, se sont juxtaposées sans parvenir à s'harmoniser pleinement.

La *red lady of Paviland* est considérée aujourd'hui comme un squelette masculin (1).

Ce n'est pas en 1907, mais en 1908 qu'on *exhuma*, en présence de toute une assemblée de savants allemands, le squelette du Moustier, découvert par O. Hauser plusieurs mois avant cette date (2).

Pour mieux écarter l'idée d'une religion strictement totémique à l'âge du renne, le P. Mainage s'efforce de prouver contre S. Reinach que les paléolithiques ont reproduit sur les parois des grottes l'image d'animaux *non comestibles*. Reinach avait affirmé que les troglodytes s'étaient abstenus de figurer les animaux carnassiers, par le même sentiment qui fait redouter à nos campagnards d'aujourd'hui de prononcer le nom du loup ou de la mort. Il était difficile de se tromper plus pleinement. Les découvertes ultérieures l'ont bien montré. Les paléolithiques ont dessiné des loups, des hyènes, des tigres et des chevaux avec le même souci d'exactitude. Dès lors, il ne reste rien de la conjecture de M. Reinach. Le P. Mainage toutefois veut en garder quelque chose pour mieux réfuter ce qu'il n'en garde pas. Il maintient la distinction entre espèces comestibles et non comestibles, et, voyant que toutes les espèces sont également représentées dans l'art pariétal quaternaire, il en conclut que celui-ci n'a pas pour unique signification de multiplier magiquement le gibier, mais aussi de détruire, par conju-

(1) P. 154, « squelette de femme ».
(2) P. 164.

ration, les espèces nuisibles, ou de communiquer aux chasseurs des propriétés spéciales, dont telle espèce d'animaux semblait douée. C'est bien possible, et il faut se garder de simplifier à l'excès la mentalité des primitifs. Le complexe, l'étrange, le déconcertant, précèdent en général le simple, le logique, et le limpide. Mais sur quoi le P. Mainage se fonde-t-il pour dire que l'hyène p. ex. n'était pas *comestible* ? Une pareille conclusion, étendue à l'ensemble du quaternaire, est au moins singulière. Édouard Dupont, sur la foi de ses propres explorations, déclarait que dans la vallée de la Lesse les troglodytes n'avaient pas fait servir l'hyène à leurs repas. Dans la vallée de la Méhaigne, à cinq ou six lieues de distance, nous avons pu constater nous-même, après le Dr Tihon et Julien Fraipont, que les moustériens et les aurignaciens n'ont pas eu les mêmes délicatesses et qu'ils ont sans scrupule dévoré, comme un gibier ordinaire, l'hyène qui pullulait dans la région. Aujourd'hui encore, dans la Belgique, on ne trouvera sans doute pas un seul homme qui mange de l'écureuil ; et j'ai vu, de mes yeux, ce petit rongeur vendu comme aliment chez les traiteurs français. Le cheval est-il ou non comestible dans nos régions ? Les « boucheries chevalines » de chez nous, les « macelli equini » d'Italie en font foi ; et pourtant toute une partie de nos populations préférera faire un dîner maigre que de manger du cheval, et je connais des personnes que la seule idée d'un pareil repas rendrait malades.

Même remarque pour le rhinocéros, qui dans nos cavernes de la Méhaigne figure comme aliment de prédilection, et que les chasseurs quaternaires dépeçaient sur le terrain, suivant leur coutume. Pourquoi aurait-il été *undesirable*, comme le P. Mainage paraît l'admettre, après M. Reinach, j'avoue ne pas arriver à le savoir (1).

Parlant du niveau azilien, notre auteur rappelle les harpons plats en bois de cerf et l'industrie du silex qui reste « pour le fond » magdalénienne ; puis il ajoute : « Il semble qu'on assiste au crépuscule de la civilisation paléolithique, comme si les hommes, épuisés par un trop long effort, avaient dès lors connu la décadence des races usées et mûres pour l'invasion » (2).

(1) P. 254 et 338.
(2) P. 70.

A quoi le P. Mainage a-t-il pensé en écrivant ces lignes étranges ? La technique azilienne se soude très harmonieusement au néolithique. La transition n'est pas celle d'une race avachie et paresseuse à un peuple de guerriers conquérants et civilisés, mais bien celle d'un état nomade à un état plus sédentaire, d'un climat glaciaire à une température plus douce, d'un peuple chasseur à un peuple pasteur. Il n'y a pas de régression ou d'épuisement à l'azilien, pour beaucoup de raisons dont la première est que l'azilien n'est pas une époque mais un niveau ; qu'il ne désigne pas un état de culture ayant régné au même moment sur tous les habitants de l'Europe occidentale, mais un stade de développement industriel, que rien ne nous permet de synchroniser à travers tous les pays où nous le rencontrons. Dès lors que signifie le « crépuscule » azilien ? Dans la vallée de l'Amblève, on trouve le tardenoisien associé à la faune du renne. Les fouilles de la grotte de Remouchamps et les découvertes de M. Rahir ont mis ce point hors de conteste. Est-ce que ces races paléolithiques ont été moins « usées par un trop long effort » que les aziliens des Pyrénées ? Et comment affirmer que les néolithiques sont des étrangers, des envahisseurs, des conquérants ? Tout les montre plutôt soucieux de se défendre, et pacifiques comme le sont en général des propriétaires très vulnérables. Et en quoi la technique tardenoisienne montre-t-elle un progrès saisissant sur l'azilien ? N'est-ce pas plutôt l'inverse qu'on serait en droit de conclure, si on se fiait à l'aspect extérieur des outils ?

Qu'il y ait des régressions partielles à l'azilien, c'est incontestable. Tout progrès amène quelque part en nous une déchéance. Les allumettes chimiques sont un progrès, mais il n'y a presque plus personne aujourd'hui qui sache encore honnêtement battre le briquet ; la lampe électrique est un progrès, mais je me souviens qu'ayant un soir, dans un village perdu, à me servir d'une antique lampe à huile, je ne réussis, en voulant tourner les clefs qui commandent l'ascension de la mèche, qu'à tout éteindre, irrémédiablement. Chez les nègres du Congo, le couteau européen a tué l'art lithique, tout comme en Flandre le métier mécanique a tué le tissage à la main. Les moustériens ne taillent plus les admirables coup-de-poing de Saint-Acheul ; les

belles lames aurignaciennes, du type de la Gravette, disparaissent au magdalénien ; les harpons arrondis, à fines cannelures, à deux rangs de pointes sont remplacés à l'azilien par de petits harpons trapus, élargis, massifs, sans grande élégance... et le bel art magdalénien ne survit plus ; mais est-ce sur le vu de ces pauvres harpons que nous allons parler d'une humanité *épuisée*, et les néolithiques sont-ils plus soucieux d'esthétisme que nos aziliens ? On a tellement usé du procédé commode des « invasions », succédant aux « décadences » ; on a si souvent rythmé de cette manière trop simple le mouvement de l'histoire, que la tyrannie de l'habitude s'en impose même à des esprits par ailleurs très circonspects et soucieux de ne rien avancer que sur des preuves tangibles.

Nous aurions voulu aussi qu'un point d'interrogation précédât et suivît — à la mode espagnole — le récit de la lutte des troglodytes de Grimaldi contre les deux ours envahisseurs ! Le chanoine de Villeneuve ne propose cette petite histoire que comme une hypothèse « plus simple », et, pour ingénieuse qu'elle soit, elle laisse place à bien des objections.

Mais un remords nous saisit pendant que nous poursuivons ces discussions de détail. Un remords et une crainte. Le lecteur comprendra-t-il toute la valeur scientifique du livre que nous analysons ? estimera-t-il comme il convient, le mérite de celui qui l'a écrit ? Nous le répétons, le labeur du P. Mainage est réellement stupéfiant. On aurait pu craindre, sous la plume d'un professeur que ses études spéciales n'avaient pas orienté dans la direction de la préhistoire, une œuvre hâtive, une petite synthèse manuelle à l'usage des apologistes pressés, un de ces livres, à la fois touchants et néfastes, qui encombrent les esprits d'erreurs commodes et obstruent la voie au doute en la fermant à la lumière. Le savant professeur de l'Institut catholique de Paris a fait tout autre chose, et, posant nettement le problème de l'homme antique, il a essayé de réunir toutes les indications, de grouper tous les renseignements, que les

(1) Pp. 95-96.

patientes recherches des spécialistes avaient de-ci de-là recueillis sur son compte. Il n'était pas possible de dire plus de choses utiles en moins de pages ; et tout, jusqu'aux illustrations nombreuses et fort bien choisies, montre le travailleur consciencieux et probe, le serviteurdu vrai et l'homme de foi. Un pareil livre doit être salué avec fierté par tous les catholiques ; il a droit à la reconnaissance de tous les savants.

Il marque une étape. Et c'est sa gloire. Il sera dépassé ; c'est son mérite. Dans les sciences d'observation plus personne ne croit aujourd'hui avoir apporté le dernier mot ; et le travailleur n'est utile que comme agent de liaison entre ses devanciers et l'avenir.

Peut-être le livre du P. Mainage, à cause de cela même, suscitera-t-il des contradictions. Des théologiens trouveront qu'il est trop rempli d'archéologie ; des préhistoriens estimeront qu'il est gâté par une thèse théologique qui le déforme. Essayons, en terminant, non pas de plaider, mais d'exposer l'objection de ces derniers.

L'homme quaternaire, primitivement monothéiste, aurait insensiblement glissé vers l'idolâtrie, parce que les peuples chasseurs, sentant que l'existence même de la tribu dépend du gibier, en viennent à concentrer sur les causes secondes, le respect, la crainte, l'adoration qui devraient remonter vers la Cause première (1). Cette théorie, le P. Mainage ne le niera point, est centrale dans son livre. Beaucoup de préhistoriens et d'ethnographes estimeront que, des deux parties qui la composent, la seconde ruine la première. Car l'archéologie ne nous montre nulle part une humanité *antérieure* à nos quaternaires et dont la fonction principale n'aurait pas été la chasse. Le primitif est un chasseur, vivant de son gibier Dès lors, si les peuples chasseurs sont « idolâtres », il faudrait conclure que l'archéologie préhistorique ne nous en montre point d'autres, et le monothéisme quaternaire n'a plus de base scientifique. Dire que l'homme a progressivement abaissé sa religion au niveau de ses besoins immédiats, et parler d'une lente dégradation du culte originel, c'est s'aventurer en dehors de toute constatation,

(1) P. 319 et passim.

et introduire arbitrairement, parmi les peuples chasseurs, une distinction que rien d'expérimental ne justifie.

Dès lors ne vaut-il pas mieux décrire l'humanité préhistorique telle que nous la révèlent les fouilles des cinquante dernières années, et laisser dans la brume, où la science ne pourra jamais l'atteindre, le problème des *origines* ? Car c'est bien un problème d'origine que, sans le dire très explicitement, le P. Mainage entend résoudre. Le monothéisme quaternaire est une « induction fondée sur la foi en une révélation primitive » (1). Cette petite phrase est peut-être l'explication de tout le volume. Nous craignons que d'aucuns n'y voient une méprise. Autre chose est d'admettre, sur le témoignage de la Bible interprétée par l'Église, une révélation originelle ; autre chose de conclure que les traces de cette révélation ont dû se maintenir à l'époque moustérienne, dans la vallée de la Vézère ou dans les grottes de la Meuse. A lire sans préjugé le texte sacré, on remarque plutôt qu'à part un très petit noyau de vrais fidèles, l'ensemble de l'humanité est fort prompte à oublier le culte du Dieu unique ; on constate que « toute chair s'empresse de corrompre sa voie » et que l'idolâtrie tenace et envahissante couvre le monde. Nous ne croyons pas qu'au nom du récit biblique on puisse interdire à un archéologue de constater le caractère très inférieur, très *primitif*, c'est-à-dire très naturel, très peu évolué, de la religion des chasseurs de rennes.

Le Concile du Vatican a défini que la raison humaine est capable par ses seuls moyens de connaître Dieu ; mais il n'a dit nulle part que réellement cette raison humaine, dans l'ensemble des hommes, avait atteint ce résultat. Il a déclaré que nous devions à la révélation le fait que la connaissance de Dieu pût être acquise par la masse des hommes, sans erreur et avec certitude ; mais il n'a pas dit que ce bienheureux état fût réalisé ou qu'il l'eût jamais été autrefois.

Et St Paul affirmant que la connaissance de Dieu est naturelle à l'homme, s'empresse d'ajouter que presque tous ont abominablement corrompu cette théodicée élémentaire et que l'idolâtrie la plus abjecte a souillé la foule des gentils.

(1) P. 372.

Est-il possible d'admettre que le paléolithique soit tout simplement un « dégradé », c'est-à-dire qu'avant lui les hommes, ses ancêtres, aient connu l'usage des métaux, la poterie, la culture, la domestication des animaux, etc., bref, que le paléolithique apparaisse entre deux stades néolithiques ? Aucun document archéologique n'existe pour prouver cette série descendante. Tous ceux que nous possédons — et il y en a des milliards — nous montrent les niveaux industriels régulièrement disposés, et les plus bas se trouvent être les plus primitifs. Dès lors il faut bien dire que dès le principe, et presque immédiatement après la chute originelle, l'ensemble de l'humanité s'est trouvée dans les conditions misérables que nous révèle l'étude de ses débris ; il faut bien dire que c'est par une lente ascension, sous l'influence des causes naturelles et de la grâce surnaturelle, qu'elle a poursuivi, complété ses douloureuses expériences ; remontant de la bestialité, où le péché l'avait laissé tomber, vers la lumière et la liberté, jusqu'à ce que vînt la « plénitude des temps » et que le Verbe se fît chair, revêtant la livrée des coupables : *ut unde mors oriebatur inde vita resurgeret.*

Que le péché originel ait marqué une chute dans la matière, et comme un épaississement du corps humain, il est difficile de ne pas le conclure des termes mêmes du Concile de Trente : *secundum corpus in deterius commutatus.*

Le problème des origines devrait donc, semble-t-il, être banni comme tel des investigations scientifiques. Très rapidement l'humanité primitive, ayant déserté Dieu, a trouvé ce maître dur qu'était le monde, le monde hostile et sourd, qu'il fallait apprivoiser et conquérir, à ses dépens. C'est cette humanité — ou plutôt ce sont les descendants déjà très lointains de cette humanité — qu'exhume la pioche de nos fouilleurs. Essayer de découvrir expérimentalement chez elle des traces de la révélation primitive, sous forme de souvenirs conservés, de traditions tribales ou de rites religieux, c'est sans doute entreprendre une étude impossible, comme d'établir géographiquement les frontières du Paradis perdu ou de rechercher le tombeau d'Ève.

Nous n'avons pas à interpréter ici les récits de la Genèse.

La sainte Église est seule compétente pour nous en indiquer le vrai sens, et la Commission biblique a rappelé très sagement qu'il pouvait exister un littéralisme excessif et dangereux. Il serait regrettable qu'on essayât de défendre la seconde page de Moïse par les mêmes concordismes qui ont fleuri autour de la première et dont le temps a fait justice

Les problèmes que pose la préhistoire sont immenses. Personne ne peut plus s'en désintéresser. Seuls les pusillanimes et les chancelants s'en effraieront. N'y a-t-il pas quelque chose de sublime, de prodigieusement éducateur, dans le spectacle de cette humanité qui, par sa faute, s'échappant des mains tutélaires de la Providence originelle, va tomber à son rang dans la série animale, au milieu des primates et s'en distinguant pourtant par son intelligence capable d'infini ; et puis, à tâtons, lentement, toujours sollicitée *miris et occultis modis* par la grâce de la promesse, s'acheminant vers les destins nouveaux de la Rédemption, recevant en elle le Fils unique, et continuant avec Lui, comme hôte indéfectible, le labeur inouï d'une matière qui se soumet à l'esprit, d'une volonté qui obéit à la Loi, et d'une intelligence qui se délivre de l'erreur ? *Mirabiliter condidisti, mirabilius reformasti.* Rien n'est beau, rien n'est tragique, rien n'est touchant, rien n'est sanctifié sur la terre à l'égal de notre pauvre argile humaine

Memento quod sumus tui
Licet caduci plasmatis.

Et si l'archéologie tourne au sermon, c'est parce que l'histoire de l'homme est vraiment la geste de Dieu.

PIERRE CHARLES, S. J.

BIBLIOGRAPHIE

I

Paul Tannery. Mémoires scientifiques, publiés par J.-L. Heiberg et H.-G. Zeuthen. Tome III. Sciences exactes dans l'antiquité. 1889-1913. Un vol. in-4° de xv et 416 pages avec un portrait de Paul Tannery, élève en 1859 au lycée de Caen, ainsi qu'un fac-similé de son écriture et une planche hors texte (1). — Toulouse, Édouard Privat : Paris, Gauthier-Villars. 1915.

Je ne m'attarderai pas à faire un éloge superflu du nouveau volume des *Mémoires scientifiques de Paul Tannery*, que MM. Heiberg et Zeuthen ont publié en 1917, avec la collaboration intelligente de Madame Paul Tannery. La simple énumération des matières en prouvera l'intérêt. Seules, des circonstances qu'il est inutile de dire ici, car tout le monde les devine, m'ont empêché d'en rendre compte plus tôt. Voici donc le titre des articles réédités. J'y ajoute à l'occasion un mot d'éclaircissement et toujours l'indication du recueil où ils parurent pour la première fois. En l'occurrence, pour prévenir les malentendus, ce dernier renseignement me paraît particulièrement utile, car, à plusieurs reprises, Tannery traite un même sujet, mais sous des aspects divers et dans des revues ayant pour objet des sciences elles-mêmes très différentes.

N° 66. Le cadran de Carthage (Comptes rendus de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, t. XXVII, 1899). L'article est accompagné d'une curieuse reproduction,

(1) J'ai rendu compte du tome I dans cette Revue en juillet 1912, p. 256 ; du tome II, en avril 1913, p. 624.

hors texte, du cadran solaire de Carthage. — 67. Anatolius sur la décade et les nombres qu'elle comprend (Congrès international d'histoire comparée de 1900, ANNALES INTERNATIONALES D'HISTOIRE, 5e section, Histoire des sciences). Je ne reviendrai pas sur cet article dont j'ai rendu compte dans mon *Bulletin d'histoire des Mathématiques*, d'août 1902. La réédition actuelle est augmentée de deux appendices, dont le premier parut dans la REVUE DE PHILOSOPHIE (t. I, 1er décembre 1899) et le second dans la REVUE DES ÉTUDES GRECQUES (t. XIV, 1905). — 68. Sur les problèmes mécaniques attribués à Aristote (ANN. INT. D'HIST., ibid.) ; intéressant à comparer aux travaux de Pierre Duhem sur le même sujet. — 69. Le philosophe Aganis est-il le même que Geminus ? (BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e série, t. II, 1901). Tannery réfute l'opinion de M. Heiberg, qui, induit en erreur par un codex défectueux, avait admis l'identité des deux personnages. — 69bis. Note sur le problème de Pappus. Il s'agit du lieu à quatre droites. Les éditeurs nous donnent la traduction du texte de Pappus et le commentaire de ce texte, tels que Tannery les avait publiés dans son édition des *Œuvres de Descartes* (t. VI, Paris, 1902). Cette édition est faite, on le sait, en collaboration avec M. Charles Adam. — 70. *Mensura*. Article sur les divers genres de mesures grecques et romaines. Publié dans le *Dictionnaire des Antiquités grecques et romaines*, par Daremberg et Saglio (t. III, Paris, 1902). — 71. Du rôle de la musique grecque dans le développement de la mathématique (BIBL. MATH., 3e série, t. III, 1902). — 72. Sur un point d'histoire de la musique grecque (REVUE ARCHÉOLOGIQUE, t. XXXIX, 1902). — 73. Sur les intervalles de la musique grecque (REV. DES ÉT. GR., t. XV, 1902). — 74. Sur la sommation des cubes entiers dans l'antiquité (BIBL. MATH., 3e série, t. III, 1902). — 75. Simplicius et la quadrature du cercle (BIBL. MATH., 3e série, t. III, 1902). J'ai indiqué ici en janvier 1909 la place que cet article tenait dans l'histoire de la reconstitution du texte de Simplicius. Voir mon compte rendu de l'édition de ce texte par M. Ferdinand Rudio : *Der Bericht des Simplicius*, etc. — 76. Article publié, en 1903, dans le JOURNAL DES SAVANTS à propos des *Heronis Alexandrini Opera quae supersunt Omnia* du troisième volume

édités par Schöne. Ce volume contient deux traités de Héron. Le plus important est l'édition princeps des *Metrica* retrouvés par l'éditeur dans un manuscrit du XIe siècle, de la Bibliothèque du sérail à Constantinople. C'est spécialement sur ce traité que Tannery attire l'attention. Il nous donne à cette occasion une magnifique synthèse de toute la question Héronienne. — 77. Notions historiques, publiées dans les *Notions de Mathématiques* de son frère Jules Tannery (Paris, Delagrave, sans date). — 78. Y a-t-il un nombre géométrique de Platon? (REV. DES ÉT. GRECQ., t. XVI, 1903). — 79. Notes critiques sur les « Metrica » de Héron (REVUE DE PHILOLOGIE, t. XXVIII, 1904). Cet article complète au point de vue philologique le N° 76 ci-dessus. — 80. Sur le symbole de soustraction chez les Grecs (BIBL. MATH., 3e série, t. V, 1904). — 81. Inauthenticité de la « Division du Canon » attribuée à Euclide. (COMPTE RENDUS DE L'ACAD. DES INSCR. ET B. LETTRES, t. IV, 1904). La « Division du Canon », objet de l'article, est un opuscule musical. — 82. A propos des fragments philolaïques sur la musique (REV. DE PHILOL., t. XXVIII, 1904).

Les sept numéros suivants sont des œuvres posthumes. — 83. Un traité grec d'Arithmétique antérieur à Euclide (BIBL. MATH., 3e série, t. VI, 1905). — 84. Notes sur trois manuscrits grecs mathématiques de Turin (REV. D. ÉT. GR., t. XVIII, 1905). — 85. Le manuel d'introduction arithmétique du philosophe Domninos de Larissa (REV. D. ÉT. GR., t. XIX, 1906). — 86. L'invention de l'hydraulis (REV. D. ÉT. GR., t. XXI, 1908). Article qui complète celui qui a été publié au t. I des *Mémoires scientifiques* de Paul Tannery, sous le N° XVI. Il est suivi d'une note signée par le baron Carra de Vaux. — 87. Sur le spondiasme dans l'ancienne musique grecque (REV. ARCH., 1911, t. I). — 88. Note sur *Anonymi fragmentum de revolutionibus lunae*, extraite du *Catalogus Codicum Astrologicorum graecorum* (T. VIII, fasc. 2, Bruxelles, 1911). — 89. L'évolution des Gammes antiques. Édité ici pour la première fois.

Le N° 90 et dernier contient la réédition d'un certain nombre d'articles de la *Grande Encyclopédie* : Anatolius d'Alexandrie, Apollonius, Archimède, Arithmétique, Astronomie, Cléomède, Conon, Diophante, Eratosthène, Euclide,

Eudoxe, Géométrie, Porisme. Tous ces articles se distinguent par leur concision et la manière substantielle dont ils sont néanmoins traités. Il ne faut faire de réserves que pour l'article Archimède qui n'est plus au point depuis que M. Heiberg a trouvé le fameux palimpseste, qui contenait tant de fragments et même d'œuvres entières perdues d'Archimède.

L'exécution matérielle du volume est très soignée. En résumé, c'est un travail excellent à tout point de vue.

H. Bosmans.

II

Geschichte der Elementar-Mathematik in systematischer Darstellung mit besonderer Beruecksichtigung der Fachwoerter, von Dr Johannes Tropfke, Direktor des Kirschner-Oberrealschule zu Berlin. — Erster Band : *Rechnen*. Zweite, verbesserte und sehr vermehrte Auflage. — Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger. Walter de Gruyter und Co, etc. — Un vol. in-8° de VII-177 pages. Sans date au titre, mais la préface est datée de décembre 1920.

Même titre. Zweiter Band : *Allgemeine Arithmetik*. — Un vol. in-8° de IV-221 pages, aussi sans date au titre, mais la préface est datée de juin 1921.

Geschichte der Mathematik, IIer Teil, von Cartesius bis zur Wende des 18. Jahrhunderts. 2. Haelfte Geometrie und Trigonometrie, von Dr Heinrich Wieleitner, Oberstudienrat des Realgymnasiums Augsburg. — Un vol petit in-8° de VI-220 pages, qui forme le N° LXIV de la « Sammlung Schubert ». Mêmes éditeurs, 1921.

Les raisons ne nous manquent pas pour réunir dans un compte rendu ces trois volumes. Ils sortent des presses des mêmes éditeurs, ont paru vers la même date, traitent des sujets analogues et sont tous destinés à servir de manuel. Les deux auteurs se connaissent, se sont contrôlés mutuellement et ont soumis leurs travaux à l'œil d'Argus de M. Gustave Enestroem, ancien directeur de feu la *Bibliotheca Mathematica*. Ils parlent, en outre, avec tant d'affec-

tueuse estime l'un de l'autre, qu'il ne peut leur être fort désagréable de voir leurs nouveaux travaux présentés simultanément aux lecteurs de la REVUE.

Les plans de leurs *Histoires* diffèrent cependant beaucoup. M. Tropfke intitule la sienne : *Histoire des Mathématiques élémentaires exposée systématiquement en tenant compte surtout des mots techniques*. C'est bien cela ; et ce titre à l'allure d'abord un peu étrange fait ressortir ce que l'ouvrage a de vraiment original. Un professeur de mathématiques de l'enseignement moyen, qui s'intéresse au passé de la branche qu'il enseigne et veut y intéresser ses élèves, trouvera tous les éléments importants d'information qui lui sont nécessaires, dans les *Vorlesungen ueber Geschichte der Mathematik* de Cantor. Il est entendu que nous ne parlons pas d'un professionnel de l'histoire soucieux d'être exact dans tous les détails et dans leurs moindres nuances. Mais Cantor laisse un immense travail à faire au professeur qui le lit et veut l'utiliser : l'adaptation des tableaux généraux qu'on y admire à chaque opération particulière, à chaque « mot technique », pour parler comme le directeur de l'Oberrealschule de Berlin, dans le titre de son *Histoire*. C'est de ce travail d'adaptation que M. Tropfke a voulu épargner le plus possible la peine, au professeur de l'enseignement moyen.

La présente édition comprendra sept volumes. La première, beaucoup moins considérable, n'en avait que deux. Il faut dire qu'ils étaient, cependant, plus épais et qu'ils contenaient plus de matière. J'en ai rendu compte aux lecteurs de la REVUE, en avril 1905, et je les prie de bien vouloir se référer à mon précédent travail. Ils y trouveront tout au long le plan suivi par M. Tropfke, pour l'histoire du calcul arithmétique, objet du 1er volume de la 2e édition. Ce plan n'a pas changé.

Le plan du second volume de la deuxième édition a reçu au contraire quelques modifications heureuses. L'auteur joint maintenant l'histoire du calcul par logarithmes à celle des opérations algébriques élémentaires et renvoie à un troisième volume l'histoire des proportions et celle des équations des deux premiers degrés. Dans la première édition, on se le rappelle peut-être, l'histoire du calcul par logarithmes formait à elle seule la quatrième partie de l'ouvrage, tandis que

l'histoire des proportions et de la théorie des équations était réunie dans la seconde partie à celle du calcul littéral. Le nouveau plan nous semble beaucoup plus naturel que l'ancien. Ces remaniements ont nécessité un changement du titre et, au lieu d'*Algèbre*, la seconde partie est intitulée *Allgemeine Arithmetik*, « Arithmétique générale ». Nous eussions préféré dire : Calcul algébrique.

Je viens de relire mon ancien compte rendu, et je constate que l'un des principaux mérites de l'*Histoire* de M. Tropfke ne m'avait pas frappé. C'est à la longue et en pratiquant l'ouvrage, que sa principale utilité a fini par s'imposer à mon attention. L'auteur désirait, en effet, disais-je il y a un instant, que, dans chaque leçon, le professeur de mathématiques élémentaires pût intéresser ses élèves en leur esquissant brièvement l'histoire de la question qu'il leur exposait. C'est dans ce but qu'il avait composé son *Histoire* ; et pour la compléter il avait imaginé un système de références très nourri et fort bien conçu, qu'en 1905 je n'ai pas assez mis en lumière. Ce système ne consistait nullement en extraits d'auteurs, ni en hors-d'œuvre accessoires, comme on pourrait le penser, mais dans l'indication de la source à laquelle chaque détail du texte courant était emprunté. C'est fort pratique. Le professeur sait immédiatement où trouver, s'il le désire, des renseignements nouveaux. Il connaît aussi la valeur de l'information. Le procédé a beaucoup de bon, même pour ceux qui s'occupent plus particulièrement de l'histoire des mathématiques. J'avouerai sans peine, qu'en plus d'une occasion la première édition de l'*Histoire* de M. Tropfke m'a servi d'aide-mémoire. La nouvelle édition sera probablement encore plus utile que la première ; elle contient dans le premier volume 974 références, tandis que la partie correspondante de l'édition précédente n'en a que 462 ; dans le second volume, il y en a 1157 au lieu de 640.

L'*Histoire* de M. Wieleitner se présente sous un autre aspect. Il y a quelque quinze ans, MM. Siegmund Guenther et Anton von Braunmuehl, professeurs à l'École technique supérieure de Munich, formèrent le projet d'écrire un manuel d'histoire des mathématiques à l'usage des élèves d'Université. M. Guenther s'y chargeait de la partie ancienne, depuis

les origines jusqu'à Descartes. Son volume parut en 1908. C'est le N° XVIII de la Sammlung Schubert. M. von Braunmuehl mourut prématurément, mais ses papiers furent remis à M. H. Wieleitner, qui accepta la mission de les mettre en œuvre et de parfaire l'entreprise. La première partie de la seconde période, c'est-à-dire, de Descartes à la fin du XVIIIe siècle, vit le jour en 1911. Elle contient l'histoire de l'arithmétique, de l'algèbre et de l'analyse. C'est le N° LXIII de la collection Schubert. J'ai rendu compte de ces deux volumes dans la REVUE, respectivement en octobre 1908 et en avril 1912.

La publication de la deuxième partie du second volume, qui a pour objet l'histoire de la géométrie et de la trigonométrie depuis Descartes jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, fut retardée par la guerre. L'auteur a mis à profit ce délai forcé pour tâcher de perfectionner son manuscrit. L'esprit général de l'ouvrage n'a pas changé. M. Wieleitner est maître de son sujet ; ce n'est pas à nos lecteurs que je dois l'apprendre Ce n'est pas non plus, dans un compte rendu comme celui-ci, la place de chercher chicane à l'auteur sur quelques points de détail, comme il est presque toujours si aisé de le faire dans les questions d'histoire. L'ensemble de l'ouvrage est bon.

Le volume se termine par une bibliographie et un double Index alphabétique : celui des noms propres cités et celui des matières. La traduction des titres des chapitres donnera une idée suffisante des sujets traités : Ch. I, Géométrie analytique plane et notamment les coniques ; Ch. II, Géométrie analytique de l'espace. Les surfaces ; Ch. III, Généralités sur les courbes planes de degrés supérieurs ; Ch. IV, Courbes de degrés supérieurs particulières ; Ch. V, Géométrie différentielle ; Ch. VI, Perspective et géométrie descriptive ; Ch. VII, Débuts de la géométrie projective ; Ch. VIII, Trigonométrie ; Ch. IX, Géométrie élémentaire.

Je me plais à reconnaître que malgré les événements de ces dernières années qui ont si profondément bouleversé tous les sentiments et toutes les idées, MM. Tropfke et Wieleitner parlent avec impartialité des auteurs anglais et français.

H. BOSMANS.

III

HISTOIRE DE LA LONGITUDE A LA MER AU XVIIIe SIÈCLE, EN FRANCE, par F. MARGUET, professeur à l'École navale. — Un vol. in-8° de X-228 pages. — Paris, Challamel, 1917.

Ce livre aurait pu être fort bien fait et n'intéresser que les marins, les géographes et les astronomes. Son auteur a réalisé davantage : ce livre est écrit de manière à intéresser tout esprit curieux des voies par lesquelles une science appliquée à chaque instant et en tous les points du globe est arrivée à sa quasi-perfection d'aujourd'hui.

Après une Bibliographie fort étendue, voici, dans le premier des dix chapitres (je soulignerai leurs titres), *les Origines* du problème : dans la détermination du point, la recherche de la latitude, sans difficulté, était connue de tout temps ; mais la recherche de la longitude ne s'est imposée qu'à la fin du XVe siècle, aux débuts de la navigation hauturière. Dès 1530, Gemma Frisius indique la méthode du chronomètre et la méthode des distances lunaires : jusqu'à la télégraphie sans fil, l'histoire de la longitude à la mer sera l'histoire des perfectionnements et des applications de ces deux méthodes. A leur défaut, la *longitude estimée* faisait tomber dans les plus grossières erreurs, et les navigateurs pensaient découvrir des îles connues depuis longtemps sous d'autres méridiens : on crut à une nouvelle Sainte-Hélène, à 9° dans l'est de la vraie Sainte-Hélène, et la carte d'Ortelius, de 1578, porte quatre îles de la Trinité à la file sous un même parallèle. Les *progrès de l'estime* ne pouvaient pas être suffisants, et la « micrométrie de l'aimant », qui plaçait le navire sur l'isogone définie par la déclinaison observée mais ignorait les déformations du réseau isogonique, devait échouer. Aussi les gouvernements encouragèrent-ils les perfectionnements à la détermination des longitudes : ce furent l'*Acte de 1417*, *le prix Rouillé et la création du Bureau des longitudes*, le premier en Angleterre, les autres en France. D'où le coup de collier qui fait du XVIIIe siècle le plus intéressant de cette histoire. La mécanique et l'astronomie rivalisèrent : la mécanique dans la

construction des *horloges marines*, avec Harrison en Angleterre, avec Sully, Le Roy et Berthoud en France ; l'astronomie dans la détermination de l'*heure locale* soit par l'observation des *satellites de Jupiter*, soit par la méthode des *distances lunaires*. Mais les instruments nouveaux, les méthodes nouvelles devaient être agréés par les navigateurs : c'est l'histoire *de la Longitude et des Marins*, « problème moral, disait Borda, plus difficile que celui qui paraît occuper le premier rang ». La routine céda rapidement et ce fut alors cette admirable *découverte du Pacifique* qu'illustrent les grands noms de Kerguelen, Cook, Bougainville, La Pérouse, Dentrecasteaux, Dumont d'Urville.

M. A.

IV

Espace, Temps et Gravitation, par A. S. Eddington, Professeur d'Astronomie à l'Université de Cambridge. Traduit de l'anglais par J. Rossignol, élève à l'École normale supérieure, avec une Introduction de P. Langevin, Professeur au Collège de France. — Un vol. gr. in-8° en deux parties de 262 et 149 pages, Paris, Hermann, 1921.

Les conceptions introduites dans le domaine de la physique par M. Einstein, conceptions « merveilleuses » au dire de M. Langevin, et qui, de prime abord, apparaissent comme non moins arbitraires que les fictions dues à l'imagination débordante d'un Jules Verne ou d'un Wells, bouleversent si profondément nos habitudes d'esprit, choquent si violemment la mentalité fixée en nous par l'atavisme, que ce n'est qu'au prix d'un rude effort que nous pouvons arriver à nous les assimiler.

M. Einstein lui-même, ainsi que plusieurs des adeptes de la première heure de sa doctrine, se sont appliqués à réduire pour nous cet effort par des exposés tendant à présenter ces notions nouvelles par leur côté le plus accessible (1).

(1) Voir dans la livraison de juillet 1921 de la Revue les analyses bibliographiques des exposés de ce genre dus à M. Einstein (p. 211), à M. Lucien Fabre (p. 216), au P. Th. Wulf (p 217).

Parmi ces vulgarisateurs, M. Eddington tient évidemment un rang des plus distingués. Son exposé, d'un intérêt soutenu, frappe par son extrême originalité faite pour surprendre les lecteurs de tradition latine, accoutumés à d'autres formes didactiques, ce qui ne veut pas dire, tant s'en faut, pour leur déplaire.

Et tout d'abord ce sont deux ouvrages parfaitement distincts qui se trouvent, en fait, réunis sous une couverture commune. L'auteur a tenu à le mettre lui-même en évidence en dotant chacune de ces parties d'une pagination spéciale et d'une table à part.

La seconde, sur laquelle nous reviendrons plus loin, est une théorie purement mathématique, indispensable à qui veut approfondir le sujet, mais destinée, cela va sans dire, aux seuls spécialistes entendant la langue symbolique de l'algèbre.

C'est dans la première partie, conçue sur un tout autre plan, que se manifeste surtout la puissante originalité de l'auteur. Ce qu'on y trouve, c'est, pour aboutir à la théorie nouvelle de la relativité et à ses principales conséquences, un examen critique très serré, très fin, très profond, des idées qui sont à la base de l'explication des lois de l'univers, présenté sous une forme très libre, très alerte, d'une belle tenue littéraire, propre à faire valoir les moindres nuances de la pensée, et dont la traduction est loin d'avoir atténué les précieuses qualités.

L'ouvrage débute, en manière de prologue, par une conversation entre un physicien expérimental, un mathématicien pur et un relativiste mettant en lumière, non sans humeur, les divergences de leurs points de vue respectifs à propos de cette question primordiale : « Qu'est-ce que la géométrie ? »

Pour le premier, qui s'en tient à la présomption fondée sur l'immense majorité des expériences renouvelées quotidiennement, nous vivons dans un Univers euclidien où l'espace, entité pleinement indépendante du temps, obéit rigoureusement aux principes de la géométrie classique. Pour le second, les diverses géométries ne sont que des systèmes purement logiques développant toutes les conséquences de postulats pris comme point de départ, sans

qu'il se soucie autrement de la confrontation de ces conséquences avec les lois que nous offre l'Univers physique. Tandis que le troisième, « en définissant l'espace comme un espace mesuré, reconnaît nettement que toute mesure comporte l'emploi d'un appareil matériel ; la géométrie qui en résulte est une étude de propriétés d'extension de la matière. Il se refuse à considérer toute autre entité d'une transcendance plus élevée », et, par voie de conséquence, il arrive à considérer que, « puisque la géométrie naturelle est l'étude des propriétés d'extension de la matière et que l'on a trouvé que leur ordre dans l'espace ne peut être envisagé indépendamment de leur ordre dans le temps, il est devenu nécessaire de généraliser notre géométrie en y faisant intervenir une quatrième dimension, le temps ».

Que les relations spatiales, objet propre de l'étude de la géométrie, ne puissent être envisagées indépendamment du temps, ou, du moins, que l'espace euclidien n'apparaisse plus que comme une sorte de section à trois dimensions d'un univers qui en posséderait nécessairement quatre, c'est là l'idée, étrange pour des cerveaux façonnés comme les nôtres, par quoi vont être révolutionnés les fondements de la science. On pourrait toutefois supposer qu'un ingénieur, assistant à l'entretien des trois précédents interlocuteurs, intervînt discrètement dans le colloque par une observation du genre de celle-ci : « Bien que les considérations d'ordre très concret qui absorbent mon activité journalière, me rivant un peu à la terre, ne me permettent guère d'atteindre d'un coup d'aile aux régions élevées où se meut tout à son aise votre pensée, Monsieur le relativiste, je suis certes bien loin de méconnaître, et même mieux, j'apprécie hautement la transcendante importance des idées nouvelles que vous soutenez avec une dialectique si persuasive, et j'admire les conséquences, d'une si vaste portée, qui en découlent dans le domaine de la philosophie naturelle ; mais, quand il s'agit des applications que nous avons, nous autres, à poursuivre chaque jour dans le domaine de la technique, il s'en faut — et de combien ! — que l'approximation atteigne à la limite où les conséquences de ces conceptions nouvelles commenceraient à se faire sentir. A nos yeux, dès lors, la vieille théorie mécaniste, fondée sur les notions d'espace

euclidien et de temps absolu, conserve encore tout son prix, et vous me permettrez de souhaiter que les maîtres chargés d'enseigner les éléments de la science à ceux qui n'ont d'autre ambition que d'en faire un usage correct dans l'immense domaine de ses applications journalières, ne cèdent pas, dès maintenant tout au moins, avant que ces idées nouvelles ne soient parvenues à leur pleine maturité, à la tentation de renoncer, dans leur enseignement, à la simplicité essentielle de la théorie classique ».

A quoi, sans doute, le relativiste répliquerait qu'il n'a cure de ce côté terre à terre de la question et laisse aux intéressés le soin d'en décider, ce genre de considération étant parfaitement étranger au but qu'il a en vue. Et ainsi, tout le monde serait d'accord ; mais le lecteur qui commençait à prendre un peu peur du bouleversement auquel il pouvait se croire tenu de soumettre sans délai les principes sur lesquels il a vécu jusqu'ici, en éprouverait quelque soulagement.

Cette réserve une fois faite, on se sent plus à l'aise pour aborder l'examen des considérations nouvelles, exposées avec un talent si distingué et sous une forme si personnelle par l'auteur, sans se laisser arrêter par le caractère extraordinairement paradoxal avec lequel tout d'abord elles se présentent à nous.

Le point de départ de ces considérations nouvelles se trouve dans l'impossibilité d'expliquer, avec la théorie jusqu'ici regardée comme classique, le résultat surprenant de l'expérience de Michelson et Morley concernant l'invariabilité de la vitesse mesurée de la lumière, quelle que soit la vitesse relative de la terre par rapport au courant d'éther. C'est à la discussion de ce fait paradoxal que se rapporte le Chapitre I de l'ouvrage, fait dont la première explication a été fournie par l'hypothèse, à première vue plus qu'étrange, de Fitzgerald, consistant à admettre que toute partie d'appareil matériel et rigide, comme celui servant à déterminer le chemin suivi par la lumière, a une longueur variable avec son orientation par rapport au courant d'éther. Cette hypothèse, dite de « la contraction de Fitzgerald », si choquante au premier abord, pour le simple bon sens, a fini, au reste, par apparaître comme plausible depuis les recherches

théoriques de Lorentz et Larmor. Les considérations qui s'y rattachent ont abouti au principe dit de la « relativité restreinte » qui revient à affirmer l'impossibilité « par quelque expérience que ce soit, de mettre en évidence un mouvement uniforme par rapport à l'éther ».

Les conséquences de ce principe « d'un caractère véritablement révolutionnaire », comme le reconnaît M. Eddington lui-même, sont mises par lui en lumière d'une façon frappante et — nous tenons à le répéter — non dépourvue d'humour ; c'est le sel qui facilite l'ingestion d'un aliment devant lequel, *a priori*, l'estomac ne laisse pas de se contracter.

A la suite de cette piquante discussion, l'auteur en arrive à définir la thèse relativiste qui a, d'après lui, « pour principe d'écarter certaines hypothèses qui ne sont exigées par aucun fait connu et qui nous empêchent de comprendre la simplicité de la nature ».

Cette thèse relativiste fait, avec force détails des plus suggestifs, l'objet du Chapitre II, où le progrès nouveau réalisé, en cet ordre d'idées, par les profondes spéculations d'Einstein, se fait sentir dans les lignes qui suivent : « C'est l'expérience qui nous a ramenés au principe de relativité pour le mouvement uniforme ; arrivés à ce point nous avons cherché une extension possible de ce principe au mouvement accéléré, car nous sentions qu'il était difficile et arbitraire de nous arrêter là. Nous essayons maintenant de concevoir un système de la nature qui soit indifférent au genre du mouvement animant l'observation. Nous aurons alors la synthèse complète de ce que perçoivent des observateurs ayant les uns par rapport aux autres tous les genres possibles de mouvement sans nous en tenir seulement aux mouvements uniformes... »

Et l'auteur montre, par une analyse très fine, que la réalisation de ce plan comporte nécessairement la considération de l'Univers à quatre dimensions (le temps s'ajoutant ici aux trois dimensions spatiales ordinaires) dont l'étude détaillée fait l'objet du Chapitre III.

Cette combinaison de l'ordre des événements dans le temps et dans l'espace pour en former un ordre unique à quatre dimensions conduit, par voie d'extension, aux diverses no-

tions qui seront à la base de la géométrie appropriée à la nouvelle conception de l'Univers : l'*événement* qui y joue le rôle du point dans la géométrie classique, l'*intervalle* provenant de l'extension de la notion de distance, etc... Tous les principes qui se rencontrent à la base de cette géométrie nouvelle trouvent, sous la plume de M. Eddington, une expression frappante. Au nombre des conséquences premières, assez imprévues, qui en découlent, le lecteur n'est pas peu surpris de tomber sur une justification rationnelle de l'hypothèse de la contraction de Fitzgerald.

Une des conquêtes les plus sensationnelles des nouveaux concepts réside dans « la solution du mystère de la gravitation » suivant l'expression de M. Langevin. C'est dans la considération des champs artificiels de force, envisagés du nouveau point de vue où il se place, que M. Einstein a découvert le fil conducteur qui devait le mener à cette solution. C'est à nous le faire comprendre que tend le Chapitre IV. Les exemples fournis par la force centrifuge due à la rotation de la Terre, par celles aussi qui naissent des changements de direction ou de vitesse des aéroplanes, conduisent à cette remarquable induction que tout champ de force artificiel perçu par un observateur est lié à la courbure de la ligne d'Univers (de l'Univers à quatre dimensions, s'entend) de cet observateur. Cette manière de voir implique la renonciation à toute tentative de différencier les champs de force artificiels des champs de gravitation naturels et conduit à regarder comme champ de gravitation le champ de force *mesuré*, moyennant la spécification nécessaire de quelque observateur. Ce n'est d'ailleurs qu'au moment où l'observateur « est dévié de sa ligne d'Univers propre qu'il a la sensation de se trouver au sein d'un champ de force » ; par là se révèle l'importance de la considération des « lignes d'Univers naturelles des corps libres qui semblent empreintes d'un certain caractère absolu dans l'Univers à quatre dimensions ».

Finalement, l'étude des champs de force se trouve ramenée à une étude purement géométrique ; c'est, jusqu'à un certain point, faire un retour en arrière en revenant, pour le champ gravitationnel du soleil, de la description newtonienne à la description képlérienne. Mais, comme le remar-

que l'auteur, « si nous allons en arrière, ce n'est que pour avancer dans une direction nouvelle ; et, pour exprimer cette foule peu maniable de données élémentaires sous une forme unique, on a inventé une géométrie de l'Univers dans laquelle les trajectoires de longueur maximum sont précisément celles que suivent les particules matérielles livrées à elles-mêmes. Il ne reste plus qu'à donner une forme concise aux lois de cette géométrie ».

Pour préluder à l'étude des différents genres d'espaces, qui fait l'objet du Chapitre V, l'auteur débute par un examen comparatif de ceux à deux dimensions, différenciés par leurs propriétés métriques, et que la nature peut offrir à notre vue sous forme des différentes surfaces de l'espace euclidien à trois dimensions. Par analogie, on peut, partant de là, généraliser et étendre à l'espace-temps à quatre dimensions les résultats trouvés dans le cas de deux.

Admettant « avec Newton qu'à une distance suffisamment grande de toute matière ou de tout rayonnement, l'espace-temps est euclidien », la doctrine nouvelle considère que cet espace-temps « ne présente une courbure qu'au voisinage de l'un ou de l'autre », ce qui amène l'auteur à résumer l'idée mère de cette curieuse théorie dans cette formule frappante : « C'est cette sorte de ride autour de la matière ou du rayonnement qui nous en expliquera les effets de gravitation ».

La discussion très serrée des inductions qui ont guidé M. Einstein dans la découverte de sa loi de gravitation (devant, dans les cas ordinaires, se confondre, à un écart négligeable près, avec celle de Newton) est un des morceaux les mieux venus de l'exposé de M. Eddington. Cette loi peut d'ailleurs, comme le remarque l'auteur, se résumer en cet énoncé : « Dans toute région vide, l'espace-temps n'est courbe qu'au premier degré ».

La comparaison critique entre la nouvelle loi de gravitation et l'ancienne est envisagée en détail au Chapitre VI où se trouve précisé le sens de cette nouvelle loi ramenant la notion des forces d'attraction, réelles ou apparentes, à celle de la courbure de l'espace-temps. On peut di cerner là une des vues les plus profondes de M. Einstein. Les commentaires qu'en donne M. Eddington, appuyés sur les comparaisons

les plus inattendues, en dégagent avec beaucoup de force la véritable signification.

L'action de la gravitation sur la lumière, qui se déduit de là, donne lieu à des vérifications expérimentales qui sont décrites au Chapitre VII. Cette action doit, d'après la théorie d'Einstein, produire, au voisinage du soleil, une déviation des rayons lumineux émanant des étoiles. On sait le succès de la vérification tentée à cet égard, au moment de l'éclipse de soleil du 29 mai 1919, par deux missions organisées à cet effet, dont l'une, à l'île du Prince dans le golfe de Guinée, à laquelle a participé l'auteur lui-même ; il en décrit les opérations dans un récit d'une parfaite précision, en même temps que non dépourvu d'humour, dont l'intérêt est captivant.

Les conceptions d'Einstein, ainsi confirmées expérimentalement par certains faits liés au mouvement rapide des ondes lumineuses, le sont également par d'autres se rattachant cette fois au mouvement beaucoup plus paisible des planètes. C'est ainsi que, pour la première fois, la nouvelle théorie est venue fournir une explication satisfaisante de l'anomalie qu'accusait, relativement aux effets calculés d'après la seule loi newtonienne, le déplacement séculaire du périhélie de Mercure. La question est traitée au Chapitre VIII en même temps que celle du déplacement des raies spectrales, si remarquablement confirmé par des expériences récentes de M. Pérot.

Dans le Chapitre IX sont développées les conséquences de la théorie de la relativité à l'égard des notions de quantité de mouvement et d'énergie, conséquences qui impliquent que « gravitation et inertie sont au fond deux choses identiques ». L'auteur entre à ce sujet dans les détails les plus intéressants, notamment lorsqu'il s'agit de faire voir comment, avec les progrès de la science moderne, la loi de la conservation de la masse vient se confondre avec celle de la conservation de l'énergie, ou d'introduire la notion d'*action*, produit de l'énergie par le temps, qui s'identifie avec la courbure de l'Univers quadridimensionnel.

Le Chapitre IX se termine par un tableau, frappant dans son raccourci, des étapes franchies et des résultats obtenus dans l'exposé qui précède, tableau bien fait, lorsqu'on

l'isole des commentaires relatifs à ses diverses parties, pour produire, sur le lecteur non encore initié, cet effet de stupeur dont nous parlions en commençant. Avec ce chapitre prend fin l'exposé proprement dit de la doctrine einsteinienne.

Au dire même de l'auteur, « ces Chapitres X et XI portent sur des sujets tout nouveaux à l'égard desquels l'opinion n'a pas encore pris positivement position ». Le premier d'entre eux cherche à dégager des constatations de l'expérience, eu égard à la notion de la relativité des mesures physiques, la recherche d'un Univers absolu ; le second a pour but d'initier le lecteur à la tentative d'extension nouvelle de la synthèse physique, en vue de soumettre à une interprétation géométrique, de plus en plus générale, le champ électrique en même temps que celui de la gravitation. Cette tentative réalisée par les travaux de M. Weyl, repose sur l'adjonction, au système de coordonnées remplissant toute la portion de l'espace-temps que l'on a à considérer, d'une unité d'intervalle, dite *jauge*, définie en chaque point de l'espace-temps. Cela revient à adjoindre aux dix fonctions y intervenant dans l'expression du ds^2 dans l'espace à quatre dimensions, quatre nouveaux coefficients relatifs au voisinage immédiat de chaque point et dont la signification physique se rattache à la définition du champ électromagnétique.

Le Chapitre XII enfin résume les idées propres que l'auteur, à la suite de ses études approfondies sur la matière, est arrivé à se former de l'interprétation qui peut être donnée de la nature, et au sujet desquelles il sollicite la controverse.

De ses conclusions, nous extrairons le passage bien caractéristique que voici : « La théorie de la relativité a passé en revue tous les sujets de la physique. Elle a unifié les grandes lois qui, par la précision dans la forme et la rigueur dans l'application, ont conquis dans la science humaine la place d'honneur que la physique occupe aujourd'hui. Et pourtant, en ce qui concerne la nature des choses, cette science n'est qu'une forme vide — un échafaudage de symboles. C'est la science de la structure et non celle de la substance. Tout l'Univers de la physique est rempli par cette substance

inconnue qui, sans aucun doute, doit être l'objet de nos sensations. C'est là un aperçu des points de vue grandioses que nous offre cet univers physique mais que nous ne pouvons atteindre par les méthodes de la physique... ».

Cette première partie de l'ouvrage est complétée par un Appendice composé de notes mathématiques, où l'auteur traite à part certains points laissés en dehors de son exposé, à cause de leur caractère trop spécial, bien qu'intéressant cet exposé, et d'une note historique résumant les étapes de la nouvelle doctrine depuis ses premières origines jusqu'au plein épanouissement de l'œuvre d'Einstein. On peut regretter de n'y pas trouver la mention de certaines vues de Poincaré qui ont pu préparer la voie aux pionniers de la nouvelle conquête.

La seconde partie de l'ouvrage, dite théorique, est de forme purement mathématique. Si elle se trouve ainsi n'atteindre qu'un public plus restreint, elle ne constituera toutefois pas pour celui-ci, tant s'en faut, la partie la moins intéressante du livre. L'exacte adaptation de ces symboles mathématiques à la représentation des lois que nous percevons dans l'ordre physique, alors que leur introduction dans la théorie semble *à priori* si parfaitement arbitraire, produit un véritable enchantement de l'esprit.

Cette partie de l'ouvrage — dotée, nous le répétons, d'une pagination spéciale — se divise en cinq sections dont, vu leur caractère très spécial, nous nous bornerons à indiquer sommairement les sujets.

L'instrument mathématique qui y est utilisé de façon exclusive est le *calcul tensoriel* dont on peut reconnaître l'origine dans l'œuvre de Riemann et qu'ont successivement développé les travaux de Christoffel, puis ceux de Ricci et de Levi-Civita. L'auteur y voit « le moyen le plus sûr de saisir la signification profonde de nos connaissances en physique » et « la clef de tous les progrès que l'on peut faire sur ce sujet ». Mais il ne dissimule pas ce que le maniement de cet instrument a de particulièrement délicat et il n'hésite pas à déclarer que « seuls pourront aller jusqu'au bout de la théorie ceux qui voudront bien passer quelque temps à se familiariser avec lui ».

La Section I est consacrée à ce que l'auteur appelle les

principes élémentaires, au sujet de quoi il convient de ne pas laisser naître de confusion. Il ne s'agit pas ici de principes empruntés au domaine élémentaire des mathématiques, mais de ceux servant à définir les éléments de la méthode permettant de construire « une théorie de l'Univers qui reconnaisse formellement l'indétermination du système de mesures ». C'est la transformation de Lorentz qui y joue le rôle primordial ; mais c'est surtout par les travaux d'Einstein et de Sitter que cette théorie s'est adaptée au but ici poursuivi.

Les éléments du calcul tensoriel sont donnés dans la Section II ; c'est là que se trouve la clef de tous les développements ultérieurs. L'introduction de la notion de vecteur en mathématiques, son utilisation dans le champ de la physique donnent lieu, sous la plume de l'auteur, aux observations critiques les plus judicieuses qui en délimitent très nettement la portée. La notion plus générale de tenseur est étudiée de même avec le plus grand soin pour que rien ne reste dans l'ombre de ce qui a trait à ses propriétés fondamentales et aux opérations qui s'y rapportent, notamment en ce qui concerne le cas particulier qui, sous le nom de tenseur de Riemann-Christoffel, joue ici un rôle de premier ordre. Signalons en passant une importante addition introduite par le traducteur, du consentement de l'auteur, relative au problème général de la différentiation tensorielle, qui ne laisse pas d'être d'un grand secours pour le lecteur.

La loi de gravitation d'Einstein fait l'objet de la Section III, et il n'est pas aventuré d'affirmer que, pour qui sait les comprendre, les développements mathématiques ici donnés en éclairent étrangement la signification et la portée. L'exposé purement théorique s'en trouve, au reste, illustré par les applications touchant le mouvement du périhélie des planètes et la déviation de la lumière.

Les modifications profondes, découlant, dans le domaine de la mécanique, du principe de la relativité, sont étudiées dans la Section IV, où s'affirme la puissance de l'outil mathématique pour l'exploitation de ce champ de recherches, par la forme simple donnée au théorème fondamental de la mécanique qui se réduit à l'annulation identique d'un certain tenseur, par la précision conférée à certaines notions

fondamentales comme celle du tenseur d'énergie matériel, par la signification frappante donnée aux lois de la dynamique comme celle d'après laquelle un point matériel libre a pour trajectoire une géodésique et pour masse au repos une constante, qui apparaît ici comme une conséquence de la loi de gravitation, etc. Toute cette théorie étant fondée sur une identification du tenseur d'énergie de la matière avec un tenseur d'Univers particulier, d'où résulte une vérification automatique des lois de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement, l'auteur montre que d'autres identifications du tenseur d'Univers seraient en apparence possibles, mais que les lois en dérivant seraient extrêmement compliquées, ce qui fait intervenir, de façon très plausible, des raisons de simplicité pour la justification de la nouvelle loi de gravitation.

Enfin, la Section V contient le développement des notions nouvelles sur lesquelles M. Weyl a fondé une géométrie naturelle de l'Univers, englobant, en plus du champ gravitationnel, le champ électromagnétique. Elle aboutit à des considérations du plus haut intérêt, bien que, de l'aveu même de l'auteur, n'ait pas encore été découvert « le fil directeur qui nous conduira à la connaissance de la structure de la matière et de l'électron ». En tout cas, par là se trouve ouverte une nouvelle voie, sans doute destinée à conduire à d'autres conquêtes; c'est d'ailleurs là la pensée sur laquelle se termine l'Introduction de M. Langevin.

Malgré tout l'ingénieux talent qu'y a dépensé l'auteur, on ne peut pas dire qu'un tel livre soit d'une lecture facile, mais il est incontestable qu'il exerce sur l'esprit du lecteur apte à le comprendre un puissant attrait en lui dévoilant, sur le monde physique, des horizons de la plus saisissante nouveauté, en lui permettant de réaliser un magnifique bond en avant au cours de la lente progression par laquelle l'esprit humain tend de plus en plus vers la vérité absolue sans pouvoir se flatter de jamais parvenir à la posséder tout entière.

PH. DU P.

V

I. Le principe de relativité, par E. M. Lémeray. Un vol. pet. in-8° de 155 pages ; 1916.

II. Leçons élémentaires sur la gravitation d'après la théorie d'Einstein, par E. M. Lémeray. Un vol. pet. in-8° de 97 pages ; (Ouvrages faisant partie de la Bibliothèque des Actualités scientifiques). — Paris, Gauthier-Villars. 1921.

L'un des premiers en France, M. Lémeray s'est appliqué à répandre les idées nouvelles, relatives aux fondaments de la physique, qui ont trouvé leur pleine expression dans l'œuvre à tout jamais mémorable de M. Einstein. Avant de prendre la forme du livre, son exposé, aussi élémentaire que peut le comporter la nature du sujet, avait fait l'objet d'un cours libre professé à la Faculté des Sciences de Marseille, d'abord pendant le premier trimestre 1915, puis pendant le quatrième trimestre 1920. Les circonstances extérieures n'avaient, on le conçoit, pas aidé le premier de ces petits volumes à se répandre parmi les curieux de science, dont l'attention se trouvait, avec celle du monde entier, détournée vers d'autres objets à l'époque où il a paru. C'est dans une atmosphère plus favorable que le second a vu le jour, alors que les théories einsteiniennes commençaient à avoir un retentissement proportionné à leur importance ; ce second volume ayant nécessairement ramené l'attention sur le premier, nous allons essayer de donner ici une idée d'ensemble du contenu de l'un et de l'autre.

M. Lémeray a eu cette pensée, très juste à notre avis, que le mieux, pour arriver à pénétrer exactement le sens des théories nouvelles, d'un accès tout particulièrement difficile, est de procéder par étapes, de les envisager d'abord dans un domaine réduit et de s'efforcer d'y acquérir une idée précise de leur essence et de leur portée, avant de chercher à les embrasser dans toute leur ampleur, au milieu des complications que comporte leur plein développement.

C'est donc au cas de la relativité restreinte, celui où les divers systèmes de référence sont animés les uns par rapport

aux autres de mouvements uniformes, que M. Lémeray borne son exposé. Cela lui permet de « n'employer que les connaissances mathématiques enseignées couramment dans les Universités », alors que l'étude de la relativité généralisée eût exigé le secours du « calcul différentiel absolu », fondé sur les travaux de Christoffel, développé par Ricci et Levi-Civita, dont on ne saurait arriver à posséder le maniement qu'au prix d'une longue et laborieuse étude.

Mais — nous ne pouvons que le répéter — cette limitation du sujet est bien loin d'enlever au présent exposé de son intérêt. Ce qu'il importe avant tout d'acquérir, c'est une claire vision des principes qui sont à la base de la nouvelle doctrine ; ils s'écartent si notablement des concepts qui nous sont familiers que l'effort d'adaptation ainsi requis de notre part se trouve soulagé du fait qu'il est séparé de celui qu'exige l'initiation à une nouvelle et difficile méthode d'analyse mathématique utile au développement intégral de la doctrine.

Une fois que, par cette étude relativement élémentaire, on se trouve bien placé dans le courant des idées nouvelles, on peut plus aisément se laisser porter par lui dans les régions plus éloignées, d'un accès direct beaucoup plus difficile, où il aboutit.

Encore convient-il de ne pas se méprendre sur le sens que nous donnons ici au mot « élémentaire » ; si le sujet délimité auquel s'en tient M. Lémeray n'exige pas l'appareil mathématique quelque peu effrayant que réclame la théorie de la relativité envisagée sous la forme entièrement générale que lui a donnée M. Einstein, ce n'est pas à dire que cette étude réduite n'entraine aucun effort de la part de celui qui l'aborde pour la première fois ; c'est même cette dépense d'effort, venant en défalcation de celle imposée par la pleine intelligence de ce sujet difficile, qui permet d'alléger la tâche de quiconque cherche à pousser plus avant dans la même voie. Mais on peut dire que, par sa parfaite clarté et son ordonnance logique, l'exposé de M. Lémeray réduit autant que faire se peut cet effort préliminaire.

Dans le premier de ces deux petits volumes, l'auteur partant des deux principes de la constance de la vitesse de la lumière et de l'indépendance des lois des phénomènes

naturels au regard de l'état de mouvement du système de référence auquel ils sont rapportés, montre comment s'en déduit la nécessité de substituer à la classique transformation de Galilée, pour effectuer le passage d'un système à un autre, celle de Lorentz, choisie de façon à conserver la forme des équations, et dont Einstein, en partant des deux principes sur lesquels Lorentz s'était implicitement appuyé, est parvenu, comme on sait, à donner une démonstration purement cinématique.

L'auteur, après avoir introduit les notions, fondamentales en ce domaine, d'heure locale et de contraction longitudinale, établit très simplement, à son tour, les formules sur lesquelles repose la transformation de Lorentz.

Les conséquences qui en découlent relativement aux prémisses de la mécanique sont indiquées d'une façon, à la fois très sobre et très nette, en une suite de courts chapitres ayant trait respectivement à la cinématique, à la statique, à la dynamique du point, les propositions ou équations de la mécanique classique restant vraies, d'ailleurs, à titre de première approximation, dans le cas où les vitesses envisagées peuvent être tenues pour négligeables auprès de celle de la lumière.

En statique, le principe pris comme fondamental est celui des travaux virtuels, restreint aux états infiniment voisins du repos, qui, substitué à celui des moments, permet, comme le montre l'auteur, de faire disparaître certaines contradictions, notamment dans le cas des phénomènes élastiques.

Pour la dynamique du point libre, la théorie nouvelle conduit à substituer dans les équations du mouvement, ainsi que l'avait déjà indiqué Poincaré, à la masse d'inertie du point au repos, une masse dite *maupertuisienne*, variable avec la vitesse. L'expression modifiée du théorème de d'Alembert, de même que les équations de Lagrange, entraîne aussi la considération de la masse *hamiltonienne*, également fonction de la vitesse.

Les équations de la dynamique de relativité permettent aussi à l'auteur de déduire du champ d'un corps invariable en repos, le champ cinétique, le champ laplacien général, la force supplémentaire à laquelle est soumis un corps en mouvement dans ces champs.

L'auteur particularise ensuite la théorie en supposant les forces centrales. Il traite à part la question des forces répulsives intervenant en électricité, ce qui le conduit à la forme de Poincaré-Abraham du principe de l'égalité de l'action et de la réaction et à l'introduction d'une quatrième dimension à la place du temps, suivant la conception de Minkowski, introduction d'où dérive aujourd'hui un des traits essentiels de la doctrine einsteinienne.

Dans les deux derniers chapitres, l'auteur examine sommairement les conséquences à tirer de la théorie nouvelle touchant la dynamique de l'électron et la gravitation, mettant en lumière à cette occasion la notion d'inertie de l'énergie.

Les confirmations sensationnelles des vues d'Einstein fournies par divers phénomènes liés à la gravitation ont conduit M. Lémeray à reprendre plus à fond, dans le second de ses petits volumes, ce chapitre capital de la philosophie naturelle, tout en restant encore cantonné, pour les raisons que nous avons dites, dans le domaine de la relativité restreinte.

Au reste, « pour épargner au lecteur les embarras résultant d'oublis ou de lacunes, et qui l'obligeraient à consulter d'autres ouvrages », l'auteur a eu l'heureuse idée de rappeler, dans un premier chapitre, toutes les propositions d'analyse, de géométrie et de mécanique, antérieures, comme il le remarque lui-même, à l'aurore de la théorie de la relativité, et dont il aura à faire usage par la suite.

Un second chapitre contient un rappel condensé des notions essentielles que comportent la théorie de l'univers de Minkowski (fondée sur un artifice algébrique tout à fait indépendant de la notion de relativité) et celle de la relativité dans le cas de mouvements uniformes.

C'est à proprement parler le Chapitre III qui constitue la nouveauté de ce petit livre. L'auteur commence par y former la fonction de Lagrange dans le champ de gravitation du soleil considéré comme immobile. Il utilise ensuite cette fonction pour faire l'étude, d'une part, des orbites planétaires et cométaires, de l'autre, des rayons lumineux dans le champ de gravitation. A titre d'application des formules obtenues, il calcule notamment l'avance séculaire du

périhélie de Mercure et la déviation des rayons stellaires passant près du soleil, montrant comment ont été obtenus les nombres (43″ pour l'un, 1″,75 pour l'autre) donnés pour la première fois par M. Einstein et dont la vérification expérimentale n'a pas peu contribué à imposer les vues, si paradoxales *à priori*, de ce penseur de génie.

En terminant, nous ne pouvons que le redire : la lecture, faite avec soin, des deux petits volumes de M. Lémeray constitue une excellente initiation aux nouvelles théories physiques qu'il n'est plus d'ores et déjà permis d'ignorer à quiconque se pique d'être, même en gros au courant des derniers progrès de la science.

PH. DU P.

VI

RAUM. ZEIT. MATERIE. Vorlesungen über allgemeine Relativitaetstheorie von HERMANN WEYL. 4e erweiterte Auflage. IX-300 pages (17 × 25) avec 15 fig. dans le texte. — Berlin, Julius Springer, 1921.

Monsieur H. Weyl est, après A. Einstein, un des principaux auteurs des théories physiques nouvelles de la relativité. Les éditions de ses leçons sur ce sujet à l'École Polytechnique de Zurich se succèdent rapidement. Depuis 1918, voici la quatrième, moins remaniée que la précédente, mais encore augmentée.

Le texte en est compact, d'une tenue sévère, tout rempli des algorithmes condensés du calcul tensoriel. La pensée se découvre peu à la simple lecture ; elle appelle l'étude, et à loisir. Pour la suivre, il faudrait souligner et retenir définitions et postulats relatifs à des notions parfois complexes, s'habituer à leur traduction en un vocabulaire mathématique enrichi de néologismes, se graver dans l'esprit les règles du calcul tensoriel. A tout cela il faudra se faire au moins assez pour que la prodigieuse abstraction des méthodes de raisonnement n'empêche pas d'accompagner l'auteur à la recherche de l'ultime essence phénoménale de l'espace, du temps et de la matière.

L'introduction expose la notion commune du temps,

continu à une dimension. Le premier chapitre est consacré à fixer des expressions mathématiques commodes pour les propriétés de l'espace euclidien, en vue surtout des lois de correspondance (tout particulièrement l'invariance) des formes algébriques d'une même figure ou grandeur rapportée à divers systèmes de références. L'auteur tire d'abord du concept d'égalité les notions géométriques fondamentales. Puis il pose les axiomes de la « géométrie d'affinité » (affine Geometrie), semblable à la géométrie analytique par projections parallèles. Après quelques indications sur la géométrie à n dimensions, l'algèbre des transformations linéaires et les formes quadratiques, il établit les fondements de la « géométrie métrique » et définit les tenseurs, leur algèbre, leurs propriétés de symétrie et leur calcul infinitésimal. Quelques exemples éclairent ces notions.

Le deuxième chapitre est une étude des propriétés du continu métrique. Il débute par le développement historique des géométries non-euclidiennes et l'exposé plus détaillé de la géométrie générale de Riemann, en insistant sur sa conception dynamique de la métrique (choix de coordonnées curvilignes quelconques). L'auteur définit ensuite les tenseurs et les densités tensorielles dans un ensemble « à connexion d'affinité » (affin zusammenhangende Mannigfaltigkeit), la courbure, l'espace. Il caractérise enfin l'espace métrique, cas particulier, plus différencié, de l'espace de simple affinité.

Ces premiers chapitres mettent entre les mains du lecteur l'instrument mathématique et le vocabulaire adapté aux recherches théoriques nouvelles de la physique. L'auteur s'en sert continuellement dans la suite pour étudier le complexe du temps et de l'espace réels, c'est-à-dire le monde physique.

Le chapitre troisième traite de la relativité de l'espace et du temps. D'abord la relativité mécanique d'après Galilée, puis la relativité électrodynamique d'après Lorentz, enfin la relativité (première forme, restreinte) d'Einstein ; puis viennent les principes relativistes en géométrie, en cinématique, en optique, en électrodynamique et en mécanique et les idées nouvelles sur la masse et l'énergie.

Le chapitre quatrième est intitulé : théorie générale de

la relativité. La loi fondamentale de gravitation d'Einstein exprime une propriété réelle de l'espace, non point une propriété des corps dans l'espace. L'auteur en déduit plusieurs applications, d'abord en calcul approché, puis d'une manière plus complète et plus rigoureuse, et il confronte la théorie avec l'expérience. C'est ainsi qu'il prouve que des ondes gravifiques se propagent dans chaque déplacement relatif des masses. Il étudie en particulier l'énergie de gravitation et les principes de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement. Enfin H. Weyl suit l'exemple d'Einstein. Celui-ci expliquait la gravitation par des propriétés métriques de l'espace-temps. H. Weyl ramène à son tour à des propriétés métriques de ce même espace-temps l'électromagnétique. C'est de nouveau un grand pas en avant vers l'unification complète des lois physiques.

En plusieurs endroits, notamment de son dernier chapitre, l'auteur reconnaît lui-même le caractère hypothétique de certaines de ses déductions, et l'énigme que toujours, malgré tout, constitue la matière.

H. D.

VII

Télégraphie et Téléphonie sans fil, par C. Gutton. Un vol. 11 × 17 de 188 pp. avec 107 fig. — Paris, Armand Colin, 1921.

Excellent résumé des principes physiques qui sont à la base des procédés d'intercommunication sans fil, sobre, limpide et, bien que sans formules mathématiques, suffisamment complet pour donner aux personnes cultivées une idée juste de tout ce qui est essentiel à la question. C'est un des premiers volumes d'une collection éditée sous la devise : « vulgariser sans abaisser ». Il serait difficile de mieux réaliser ce beau programme.

V. S.

VIII

La T.S.F. par Tubes a vide, par Pierre Louis. Un vol. 14 × 23 de 143 pages, avec 76 fig. — Paris, Vuibert, 1920.

L'utilité d'une bonne monographie des lampes à trois

électrodes n'est pas à démontrer. Après avoir révolutionné la technique des communications à grande distance, ce merveilleux petit appareil a trouvé l'entrée des laboratoires de physique pure, où son rôle prend de jour en jour plus d'importance, et Dieu sait quelles étonnantes applications pratiques il nous réserve encore pour l'avenir ! Le petit livre de M. Pierre Louis ne sort pas des limites de la T.S.F., mais sa description très claire des emplois multiples du tube à trois électrodes dans ce domaine en fait parfaitement comprendre le fonctionnement.

V. S.

IX

RAYONNEMENT. PRINCIPES SCIENTIFIQUES DE L'ÉCLAIRAGE, par A. BLANC, professeur à la Faculté des Sciences de Caen, avec une préface de M. CH. FABRY. Un vol. de VI-212 pages (12 × 18) de la collection Armand Colin (Section de Physique). — Paris, Armand Colin, 1921.

La première partie de l'ouvrage, consacrée au rayonnement, débute par des généralités et des définitions. Plusieurs chapitres sont ensuite réservés à l'exposé de la théorie du rayonnement par incandescence. Sauf la formule de Planck, toute la théorie est basée sur les principes de la thermodynamique, l'existence de la pression de radiation, la légitimité de l'emploi dans les raisonnements des surfaces parfaitement réfléchissantes ou parfaitement diffusantes, et enfin sur ce fait d'expérience que dans une enceinte fermée se réalise toujours, en pratique, le rayonnement *normal*. Sont successivement démontrées, la loi de Kirchhoff, celle de Stéfan et celle de Wien (sous sa forme la plus générale), puis la formule de Planck après indication des difficultés que présente l'admission de l'équipartition de l'énergie dans le rayonnement. Vient alors l'étude, en un chapitre, du rayonnement par incandescence des corps non noirs.

Un chapitre également est consacré au rayonnement par luminescence.

Les résultats acquis dans la première partie du volume sont appliqués dans la seconde à l'étude scientifique de l'éclairage. Il ne faut pas y chercher, par conséquent, de

recette, mode d'emploi, etc... Après les définitions, l'exposé des procédés de la photométrie des sources de même couleur, M. Blanc donne les résultats obtenus par l'emploi du photomètre à papillotage (de Ives) — « le seul appareil convenable pour la comparaison des sources de couleurs différentes » — dans la mesure de l'équivalent mécanique de la lumière et celle du rendement de diverses sources. Passant en revue les sources existantes, l'auteur étudie successivement l'éclairage au gaz (manchon Auer), et les modes d'éclairage électrique par l'arc ou par incandescence.

Exposé substantiel, purement objectif, bien équilibré et très méthodique d'une question importante. Supposant évidemment chez le lecteur quelques notions générales indispensables, l'ouvrage forme un tout complet où la rigueur et la clarté vont toujours de pair. L'espace limité réservé à l'auteur ne lui a pas toujours permis d'insister sur les points importants. Il fait suivre son exposé d'une bibliographie qui pourrait, à notre avis, être plus développée.

« Le livre très original de M. Blanc... inaugure très brillamment une collection d'ouvrages dont le besoin se faisait vivement sentir ». (Ch. Fabry, Préface.)

A. Biot.

X

La radiologie et la guerre, par Mme Pierre Curie, prof. à la Sorbonne. Un volume de la Nouvelle Collection scientifique (Borel). — Paris, Alcan, 1921.

En 143 pages d'un style sobre et clair, Madame Curie nous dit ce qu'elle a vu pendant la guerre, et ce qui a été fait, en partie sous son habile direction, pour intensifier les services de radiographie et radioscopie, et même les organiser complètement.

Cet exposé simple peut être compris sans initiation préalable par quiconque n'a pas perdu tout contact avec les éléments des sciences. Voici, du reste, la table :

Introduction. — Les rayons X. — Comment peut-on produire les rayons X? — Installation dans les hôpitaux et voitures radiologiques. — Travail radiologique dans les hôpi-

taux. — Personnel radiologique. — Rendement et résultats. — Organisation d'après-guerre. — Radiothérapie et radiumthérapie. — Conclusions.

Les techniciens de la radiologie, tenus au courant par les revues spéciales, ne chercheront dans ce livre qu'un exposé lumineux, mais élémentaire, de choses déjà connues. Les profanes liront avec satisfaction et retiendront facilement ce qu'un homme cultivé doit connaître en cette matière pour en parler sciemment. Ils voudront, après cette lecture, user de leur influence pour promouvoir dans leur patrie le développement des services radiologiques. Ce résultat, voulu par Mme Curie, sera la continuation de la bonne œuvre qu'elle a posée en mettant sa science au service des blessés.

T. X.

XI

ÉTUDES ÉLÉMENTAIRES DE MÉTÉOROLOGIE PRATIQUE, par ALBERT BALDIT, ancien Chef du Service météorologique du Groupe des armées du Centre, Président de la Commission Météorologique de la Haute-Loire. Un vol. 17 × 26 de IX-340 pages, avec 118 fig. — Paris, Gauthier-Villars, 1921.

Ces études, très utiles pour tous ceux qui s'intéressent à la météorologie, sont essentiellement pratiques. C'est d'ailleurs spécialement aux professionnels que les offre l'auteur, et les matières y sont distribuées et traitées en conséquence.

Dans une première partie, M. Baldit s'occupe d'abord de l'organisation matérielle d'une station régionale et de ses postes secondaires, ainsi que de l'organisation générale du service météorologique. Ensuite il décrit les différents appareils et procédés d'observation. On sait toute l'importance qu'attache aujourd'hui le météorologiste à la connaissance des couches aériennes élevées ; aussi trois chapitres ont pour objet l'étude du ballon captif, de l'avion et des sondages aérologiques par ballons-pilotes.

La deuxième partie est consacrée à la solution « simple et rapide » des problèmes usuels qui se posent à tout instant au météorologiste.

Dans la troisième partie — la plus considérable — M. Bal-

dit expose le problème de la prévision du temps. Celle-ci se fait actuellement au moyen de règles, assez nombreuses, qui ont comme base la pression, la température, les vents de surface, les vents d'altitude ou d'autres éléments. Ces règles, l'auteur a pu les contrôler pendant quatre années d'application incessante ; c'est donc avec autorité qu'il les commente et les critique. Quelle valeur leur reconnaît-il ? « Nous ne croyons pas, écrit-il, qu'armé d'une vingtaine de règles, le météorologiste prédira le temps avec succès dans tous les cas ; nous croyons qu'en face d'un certain nombre de situations barométriques plus ou moins caractérisées, il pourra, à l'aide de ces règles, annoncer comment ces situations évolueront dans les vingt-quatre heures prochaines et en déduire avec une approximation suffisante le temps qu'il fera ». Plus loin , il ajoute : « comme il n'est pas encore admis que la prévision peut être un problème parfois insoluble pour celui qui cherche à le résoudre, nous lui conseillons de faire toutes les restrictions voulues sur les avis donnés et d'affecter la prévision d'un coefficient qui montre le peu de probabilité qu'il lui accorde ». Puisse cette mise au point donner plus de patience au profane... et un peu plus de prudence au météorologiste !

E. O.

XII

Où en est la Géologie, par L. de Launay, membre de l'Institut, professeur à l'École Supérieure des Mines. Un vol. (Coll. des Mises au point) de x-205 pages (19,5 × 12,5), avec 13 figures dans le texte et 1 frontispice sur bois de Ch. Hallo. — Paris, Gauthier-Villars, 1920.

Nous avons eu l'honneur, il y a peu de mois, de présenter aux lecteurs de la Revue des Questions scientifiques un autre ouvrage, un peu moins récent, de notre savant confrère. Cette fois il s'agit d'un travail qu'on croirait plutôt destiné aux professionnels de la Géologie, puisqu'il s'attache à donner l'état actuel de cette science et qu'il suppose donc la connaissance, nous dirions bien une certaine accoutumance à se mouvoir dans son cadre tout entier. A juger ainsi « *Où en est la Géologie* », on ne tiendrait pas compte du

talent, tout personnel à M. de Launay, qui lui permet de traiter clairement les sujets les plus spéciaux et de les mettre à la portée du grand public intellectuel.

Guidé — comme le dit le prospectus — par la lumière nouvelle que la Grande Guerre a projetée sur divers problèmes d'ordre géologique et frappé par les pas décisifs qu'elle leur a fait faire, grâce aux nécessités de ces temps angoissants, M. de Launay a pris comme un instantané de l'état de la Géologie au premier quart du XXe siècle.

D'autre part, l'évolution naturelle de cette science a donné, dans les investigations des savants, une vraie préséance à certaines questions, qui, par là, se sont, comme nécessairement, rapprochées de leur solution.

Tous ces travaux n'ont pu être menés à bonne fin, sans que divers échos n'aient eu de retentissement jusque dans la presse et sans qu'ils n'aient attiré la curiosité même des profanes. M. de Launay a donc choisi six chapitres pour répondre à ces diverses préoccupations.

La *sédimentation* est un phénomène dont le nom s'énonce plus aisément qu'on n'en explique les diverses phases et qu'on n'en justifie l'immense activité. Et de vrai, il est vite dit que les eaux en mouvement accumulent des dépôts ; on le savait depuis longtemps. On savait moins que ces accumulations révélaient — par leurs « *faciès* » — les conditions précises dans lesquelles elles avaient été déposées. On ne se rendait pas assez compte des modifications profondes — la « *diagénèse* » — que subissaient les sédiments amenés à se trouver enfouis sous les mers. Ce n'est que plus récemment qu'on a su mesurer les « *altérations* » qui se produisent à la partie supérieure des terrains, exposés aux agents atmosphériques ; altérations qui ont joué un rôle prépondérant dans la formation de plusieurs gisements miniers. Les résultats de toutes ces investigations sont consignés au premier chapitre.

Signalons tout particulièrement le chapitre où le distingué professeur trace, de main de maître, le tableau des activités tectoniques ou orogéniques, telles qu'on les conçoit aujourd'hui, à la suite des travaux auxquels, depuis environ un quart de siècle, les Marcel Bertrand, les Lugeon, les Termier et d'autres ont consacré leurs explorations et leurs études.

Ce n'est pas l'endroit de déflorer tous les sujets que ce volumé « met au point ». Regrettons seulement, qu'après avoir traité de l'*histoire des océans*, de la *comparaison de la terre avec les astres*, de la *métallogénie* et de la *recherche des richesses minières*, l'éminent auteur n'ait pas dit un mot du service que l'étude des terrains par sondage a rendu aux belligérants pour creuser leurs tranchées et jusqu'aux réduits profonds où le soldat trouvait quelque repos au plus fort des combats. On aurait désiré aussi quelques détails sur les recherches hydrologiques qui n'ont pas rendu de moins grands services aux armées.

Ce n'est là qu'une réflexion, émise en passant, pour échapper au reproche de ne connaître que la critique élogieuse.

Félicitons d'autre part la maison Gauthier-Villars d'avoir mis tous ses soins à donner à cette collection un aspect typographique attrayant. Mais, alors qu'il faudrait qu'elle vulgarisât la science française, pourquoi mettre ses volumes à un prix (12 francs) qui décourage l'acheteur courant ?

G. Schmitz, S. J.

XIII

Recherches géologiques dans la région cantabrique, par Louis Mengaud, Docteur ès sciences, chargé du cours de Géologie à la Faculté des Sciences de Toulouse. Un vol. de 373 pages (25 × 17) avec XIV planches en simili, IV en phototypie, I carte, 6 coupes, I esquisse géologique en couleurs et 87 figures au trait dans le texte. — Toulouse, Imp. Vve Bonnet, et Paris, J. Hermann, 1920.

Ce copieux ouvrage porte un titre trop modeste, et cependant on doit convenir, avec l'auteur, qu'il n'est pas assez systématisé pour qu'il se place au rang des Monographies. Il lui manque d'ailleurs peu de chose — une synthèse — pour répondre à ce concept. Nous comptons dans la littérature géologique pas mal de monographies, étayées sur un bien moindre ensemble de faits.

Ce qui frappe, à première vue, c'est l'immense labeur que représente ce travail. Il témoigne d'une profonde connaissance de la Géologie, d'un don d'observation peu commun

joints à une grande expérience du « terrain ». Réunir un arsenal de faits aussi important, et dont les éléments vont se complétant à travers toutes les branches de la doctrine géologique, dénote bien toutes ces qualités. Le géologue encore peu rompu aux études si complexes de la Géologie, ferait un stage on ne peut plus formatif, en allant, les « Reherches » de M. Mengaud à la main, explorer le massif cantabrique.

Les 110 ouvrages qu'énumère la *Bibliographie* de M. Mengaud prouvent qu'il y a près d'un siècle que l'intéressante région, qui va de Santander jusqu'aux Picos de Europa, a fait l'objet de nombreuses explorations. La raison n'en est pas uniquement dans la diversité des horizons géologiques qu'elle offre aux observations, ni dans la complexité des mouvements orogéniques qui s'accuse à travers les ondulations du terrain ; mais aussi dans la présence de formations minières qui a le don d'attirer plus sûrement les curiosités, si même il s'y mêle quelque motif intéressé.

Les formations primaires, à partir du dévonien, affleurent surtout à l'Ouest, contre la frontière des Asturies, où s'observe plus particulièrement le charriage de deux nappes, celle des *Sierras planas* et celle des *Picos*. Leur tectonique, moins embrouillée que celle des grandes chaînes de montagnes, offre à l'étude des cas vraiment classiques.

Les roches d'âge éocène, s'échelonnent le long de la côte, jusque tout près de Santander. Le Nummulitique y présente un développement fort intéressant, dont les roches zoogènes permettent la récolte de plus de trente espèces de *Nummulites*, sans compter les *Alveolina*, et les *Operculina* dont la fonction téléologique est la même que celle des *Rudistes* à l'époque aptienne. Les sédiments de cette formation-ci traversent, comme par le milieu, toute la région cantabrique.

Mais l'horizon géologique dont les affleurements sont le plus étendus sur la surface de tout le pays, et particulièrement au Nord et au Sud du pointement houiller de Castillo, c'est le wealdien. Là aussi, comme en Belgique, ce terrain a un caractère nettement continental. La description que M. Mengaud donne de certaines roches, rappelle de façon frappante leurs contemporaines que la sonde a ramenées dans les recherches houillères du Limbourg oriental.

Comme les « Recherches » ne comportent pas encore de conclusions, qui embrassent l'ensemble des résultats obtenus par les travaux, d'ailleurs remarquables, de M. Mengaud, force nous est de nous arrêter ; nous ne ferions guère que continuer une énumération. Toutefois relevons encore deux chapitres qui ont une portée plus générale : D'abord l'*Esquisse de l'histoire du mouvement des mers dans la région cantabrique* ; ensuite l'*Esquisse de la tectonique*. La dernière est illustrée d'un bon nombre de coupes bien choisies et parlantes.

Nous allions oublier les planches ! Celles qui reproduisent des vues photographiques sont remarquablement didactiques, elles sont souvent appuyées par des graphiques de l'auteur, qui donnent toutes les caractérisations stratigraphiques utiles à l'intelligence des paysages.

Signalons parmi les planches paléontologiques une bonne reproduction de la *Pseudotoucasia Santanderensis* (H. Douv.), ainsi qu'une belle série de *Trigonia Larteti* (Mun-Chalm).

Enfin on suivra avec le plus grand fruit, sur l'*ébauche tectonique*, les *coupes* et la magnifique *esquisse géologique* en couleurs, tout le développement des études sur la partie côtière de la province de Santander, contenu dans le présent volume.

G. Schmitz, S. J.

XIV

Éléments de biologie générale, par Étienne Rabaud, professeur de biologie expérimentale à la Faculté des Sciences de Paris. Un volume in-8°, xii-444 pages, 55 fig. Collection : Bibliothèque de Philosophie contemporaine. — Paris, Alcan, 1920.

L'attention des naturalistes ne s'est jamais détournée des grands problèmes de la biologie générale ; mais ils semblent depuis quelques années avoir concentré leurs efforts à soumettre au crible d'une expérimentation rigoureuse les théories admises d'abord sans preuves suffisantes. Le nombre même de ces travaux de détail faisait désirer un aperçu d'ensemble dégageant les questions principales et précisant l'orientation actuelle de la philosophie scientifique.

Le distingué professeur de biologie expérimentale à la Faculté des Sciences de Paris s'est donné comme tâche de combler cette lacune. Le résumé rapide de ses « Éléments de Biologie générale » permettra de se rendre compte de la nature des problèmes abordés.

I. *La matière vivante :* constitution, structure ; la cellule, ses parties constitutives, son activité : tropismes, tactismes, affinité.

II. *La formation des organismes pluricellulaires :* l'unité fonctionnelle et l'individu.

III. *L'accroissement et le fractionnement des individus :* le bourgeonnement et ses causes, la régénération, l'unité fonctionnelle et le fractionnement, la cellule-œuf, le spermatozoïde ; nature et origine de la sexualité.

IV. *Adaptation et variation :* variations héréditaires.

V. *L'hérédité :* les faits, les théories, la matière vivante, le milieu et l'hérédité.

VI. *L'espèce :* Critères morphologiques et physiologiques. Qu'est-ce que l'espèce ?

VII. *L'activité normale des organismes :* attractions et répulsions, changements d'état physiologique, excitations motrices et excitations d'arrêt. L'excitation normale résultant d'interférences multiples. — L'instinct et l'intelligence.

VIII. *La répartition géographique des organismes.*

IX. *Persistance et disparition des espèces :* les prétendus moyens de défense.

X. *L'évolution des organismes :* la sélection et les théories morphologiques, l'évolution, phénomène physiologique.

Ainsi qu'il le dit dans sa préface, l'auteur ne « prétend pas « traiter à fond chacune des questions que soulève l'étude « des phénomènes vivants... il essaie d'en dresser un tableau « et de montrer comment ils se relient les uns aux autres, » comment tout se tient dans un organisme ».

Esprit vraiment critique, Monsieur Rabaud trie avec sévérité les éléments dont il fait choix. C'est ainsi qu'il rejette la conception des localisations germinales, et qu'il ne veut pas du tout de la théorie faisant provenir l'individu d'une colonie d'organismes primitivement autonomes. Évolutionniste convaincu, il ne se laisse pas pour cela imposer

une adhésion quelconque à la valeur probante des répétitions par l'ontogénèse des phases de la phylogénèse. D'une façon générale il n'a aucune confiance dans les explications de l'évolution qui s'appuient d'une manière presque exclusive sur la morphologie. La critique de la théorie de la sélection est spécialement poussée.

Disciple de l'école néo-Lamarckienne, M. Rabaud s'efforce de montrer que l'évolution comme tous les phénomènes vivants est le résultat de l'interaction de l'organisme avec le milieu, de telle sorte qu'organisme et milieu ont exactement la même importance.

Au point de vue philosophique l'auteur professe que « les » constatations positives forment la base unique de ses inter- » prétations. En dehors d'elles rien ne doit entrer en ligne de » compte qui ne soit accessible aux recherches et ne s'impose » comme donnée de l'expérience ou de l'observation. Il faut » donc écarter dès l'abord toute conception qui en introdui- » sant dans l'enchaînement des faits une donnée métaphy- » sique ou mystique dirigerait l'interprétation ou la faus- » serait ».

C'est là une profession de foi positiviste à laquelle on ne peut souscrire sans réserve. Autre chose est rejeter à priori une donnée quelconque que l'on imposerait comme un dogme à une science particulière, autre chose est déclarer l'autonomie de cette science vis-à-vis de toute métaphysique. Pas plus qu'un fait particulier ne s'explique par lui-même, une série supposée complète de phénomènes constatés ne fournira pas la raison dernière de son apparition et de son mode d'être. Ce n'est pas faire acte de foi aveugle, que de soumettre une science particulière aux lois mêmes de l'être et de la pensée, lois qui relèvent de la métaphysique.

Aussi bien, le point de vue purement positiviste est une impossibilité : c'est pourquoi on ne peut pas faire un reproche à M. Rabaud de ne pas y avoir toujours été fidèle. Ce qu'il dit sur la genèse du sarcode initial, la critique qu'il fait de l'hypothèse de Hertwig, l'opinion qu'il émet sur l'origine de la vie, ne sont pas simplement des faits ou des expériences. Tout cela relève d'une métaphysique. Nous regrettons que cette métaphysique soit incomplète et qu'elle n'apporte que la solution matérialiste au problème de l'unité de l'être.

Malgré ces objections, nous nous plaisons à reconnaître un rée! mérite à l'œuvre de M. Rabaud ; on ne peut que souhaiter la prompte édition des volumes qui nous sont promis pour compléter ces « Éléments de Biologie générale »,

R. Devisé, S. J.

XV

La constitution des plantes vasculaires révélée par leur ontogénie, par Gustave Chauveaud, Directeur de laboratoire à l'École des Hautes Études. Un vol. in-8° de 156 pages, avec 54 figures dans le texte. — Paris, Payot, 1921.

Cet ouvrage n'est pas une simple contribution à nos connaissances sur la morphologie des plantes, mais bien plutôt le rejet de toutes les théories actuellement en cours et l'élaboration d'une explication complètement différente. D'ailleurs, M. Chauveaud nous présente un travail parfaitement mûri, fruit de trente années d'observation sur les éléments vasculaires. Aussi ses conclusions méritent-elles d'être considérées avec attention et d'être soumises, par les spécialistes en anatomie végétale, à une critique approfondie.

Dans une première partie, l'auteur examine les différentes théories en présence : Les théories caulinaires de Van Tieghem, Bertrand et Bower ; les théories foliaires de Delpino, Celakowski, Potonié et Lignier ; enfin les théories phytonaires de Gaudichaud et de Bonnier. A chacune de ces théories l'auteur oppose des objections rapides qui lui paraissent péremptoires. Ce travail de déblaiement effectué, vient l'œuvre de construction. La thèse est que l'unité fondamentale commune à toutes les plantes vasculaires est une plantule élémentaire, la *phyllorhize* composée de deux parties distinctes, la *phylle* ou feuille et la *rhize* ou racine. L'étude du développement ontogénique de quelques types spécialement clairs révèle que chez les Cryptogames, les Gymnospermes, les Monocotylédones et les Dicotylédones, la plante est constituée par la formation de phyllorhizes successives et la partie commune résultant de leur union

correspond à la tige. Par conséquent, celle-ci n'est pas une formation autonome et sa définition est arbitraire. L'appareil vasculaire définitif est de même constitué par la formation répétée de systèmes vasculaires élémentaires ou *convergents* ; le *convergent* étant un faisceau vasculaire centripète d'une phyllorhize en alternance avec deux demi-faisceaux criblés.

Les diverses modifications secondaires sont ensuite exposées, qui voilent et modifient la simplicité du type primitif. L'exposé de l'auteur est d'une clarté lumineuse — presque schématique — clarté due peut-être en partie au choix très restreint des exemples, à la concision de la description et à la sobriété des dessins explicatifs. Beaucoup souhaiteront de trouver dans un mémoire *in extenso* l'abondance et le fini des preuves qui emporteront leur adhésion.

R. Devisé, S. J.

XVI

Studies of the development and larval forms of echinoderms, by Th. Mortensen (published at the expense of the Carlsberg fund). Un vol. in-4° de 252 pages, avec 102 fig. dans le texte et 33 planches. — Copenhague, Gad, 1921.

La réputation du savant auteur, comme spécialiste de l'étude des Échinodermes, est évidemment depuis longtemps faite. Dans le présent ouvrage, Mortensen accroît considérablement la somme de nos connaissances sur les larves : parmi les formes décrites, on n'en trouve pas moins de 55 absolument nouvelles pour la science. Elles proviennent des élevages réalisés par l'auteur, malgré les plus grandes difficultés, au cours de ses longs voyages dans les mers du Pacifique.

Une première partie de l'ouvrage est consacrée aux descriptions.

Une seconde partie renferme les vues de Mortensen relativement à la classification, la morphologie des larves, la phylogénie, la biologie et enfin la distribution géographique.

Le but de Mortensen était surtout de montrer qu'il ne

faut pas trop se laisser suggestionner par les caractères manifestement adaptatifs des larves, et que l'étude de celles-ci est indispensable au classificateur.

Et, en fait, par cette étude, l'auteur confirme, contre Clark et Jackson, la haute valeur taxonomique attribuée antérieurement par lui, aux caractères que présentent les pédicellaires et les spicules des adultes.

F. CARPENTIER.

XVII

LA PHILOSOPHIE DE L'ORGANISME, par H. DRIESCH, professeur à l'Université de Cologne. Traduction de M. KOLLMANN agrégé de l'Université. Préface de J. MARITAIN, professeur à l'Institut catholique de Paris. Un vol. in-8°, de XI-234 pages. — Paris, M. Rivière. 1921.

PERSONNALITÉ BIOLOGIQUE DE L'HOMME, par JEAN FRIEDEL Docteur ès sciences. Un vol. in-12, de 268 pages. Bibliothèque de philosophie scientifique. — Paris, Flammarion, 1921.

CONSIDÉRATIONS SUR L'ÉTRE VIVANT, par CHARLES JANET. Première partie : *Résumé préliminaire de la construction de l'orthobionte*. Une brochure in-8°, de 80 pages et une planche. — Beauvais, A. Dumontier, 1920.

I. — Il est à peine besoin de présenter aux lecteurs de cette REVUE le biologiste-philosophe Hans Driesch. Ils se souviendront de plusieurs articles parus ici même au cours des vingt années précédentes, et consacrés en tout ou en partie à l'œuvre de ce protagoniste brillant et profond du néovitalisme.

Depuis longtemps l'on pouvait regretter qu'aucun des ouvrages caractéristiques de Driesch ne fût traduit dans notre langue. Voici enfin la lacune comblée. M. Kollmann nous offre la version française, claire et correcte, d'une série de « lectures » faites en 1907-1908, à l'Université d'Aberdeen. Tout biologiste de profession connaît les volumes où elles furent d'abord publiées : en anglais, *The Science and Philosophy of the Organism* (2 vol. London, 1908) ; en allemand, *Philosophie des Organischen* (2 vol. Leipzig, 1909).

Le choix de ces conférences, de préférence à d'autres travaux plus techniques et plus détaillés du même auteur (par ex. ses *Organische Regulationen*) s'explique aisément. Comme le fait observer M. Maritain, dans une préface écrite pour cette traduction française : « La *Philosophie de l'Organisme* rassemble les résultats les plus saillants d'une série de publications antérieures, et peut être considérée comme l'exposé complet de la philosophie biologique de l'auteur » (p. 111).

Ce qui constitue, au point de vue de la Philosophie naturelle et de la Biologie théorique, la valeur hors de pair des travaux de Driesch, c'est qu'ils affichent et soutiennent solidement la prétention de fournir, par l'analyse même de l'expérience, une preuve rigoureuse, bien que négative, du vitalisme. A quoi tient exactement la force probante de cette argumentation, à quelles objections elle reste sujette, il serait impossible de le dire en peu de mots, d'autant plus que la critique extrêmement précautionnée dont l'auteur entoure ses démonstrations impose, à qui prétend les apprécier, le devoir de ne négliger aucune nuance. Reconnaissons seulement ici que les preuves tirées par Driesch de la morphogénèse : 1° sont radicalement différentes des arguments approximatifs proposés par d'autres vitalistes ; 2° sont concluantes dans leur forme ; 3° semblent difficiles à esquiver dans l'application même de cette forme à l'expérience concrète.

La préface de M. Maritain fait bien ressortir l'importance philosophique des travaux de Driesch : on la lira avec fruit avant d'aborder le texte même du biologiste allemand.

II. — Que dire de ce livre, écrit avec une évidente sincérité de pensée et une appréciable largeur de vues ? La « place de l'homme dans la nature » ? Oui, il était bon de l'envisager, comme on le fait ici, du point de vue d'un biologiste qui soutient les droits de la science empirique sans méconnaître de parti pris les problèmes et les méthodes proprement philosophiques. « La place de l'homme dans la nature, est une question biologique et, en même temps, une question philosophique. Lorsqu'on arrive à des problèmes aussi généraux, les frontières entre la science positive et la métaphysique perdent leur précision » (p. 20).

Sous cette déclaration louable, qui est tout un programme, gît d'ailleurs une équivoque, où se trahit déjà le point faible du livre de M. Friedel. Certes, la métaphysique et la science positive peuvent concourir à élucider un même problème total, mais elles demeurent constamment et nettement distinctes par leur méthode respective ; de l'une à l'autre les analogies peuvent devenir étroites, mais les frontières ne s'effacent en aucun cas. Si la démarcation paraît quelquefois imprécise à l'auteur, n'est-ce point qu'il se fait, de la méthode propre de la métaphysique, une idée incomplète ? Dans ses dernières pages, plus spécialement consacrées à des discussions philosophiques, il semble considérer la métaphysique comme un ensemble d'hypothèses métempiriques, tirant du besoin d'unité de notre esprit une certaine valeur subjective mal définissable, mais n'acquérant de valeur objective proprement dite que par confrontation avec l'expérience. En d'autres termes, au lieu de reconnaître dans la métaphysique un système rigoureusement enchaîné de nécessités rationnelles, M. Friedel semble enclin à n'y voir qu'une sorte de « théorie physique » supérieure, qui vaut tout juste ce que vaut la vérification expérimentale de ses conséquences. Aussi bien, malgré les convictions spiritualistes (au moins probables) de l'auteur, ne rencontrons-nous sous sa plume qu'une philosophie oscillante, hésitante, éclectique, incomplète et impuissante à résoudre nettement les problèmes posés. Au lieu de conclure en métaphysicien sûr de sa méthode, l'auteur préfère souvent nous placer, et nous laisser, en présence d'une série d'alternatives. S'il voulait dire seulement que la science empirique est incapable de trancher par elle seule ces alternatives, il n'aurait pas tort ; mais il semble dire davantage.

De cette absence d'une métaphysique sûre et compréhensive, peut résulter quelque inconvénient pour des lecteurs insuffisamment initiés aux questions philosophiques, et exposés par là à un certain dilettantisme spéculatif, qui devient vite du scepticisme. Par contre, nous recommanderions le travail de M. Friedel, soit à des médecins ou à des naturalistes qui ne verraient rien au delà de la science positive, soit à des philosophes trop exclusivement cantonnés dans un à priori qui leur masquerait les réalités complexes.

Nous ne voudrions pas que notre compte rendu, relevant surtout une lacune philosophique, induisît en erreur sur le contenu réel de l'ouvrage que nous analysons : en fait, ce contenu est principalement biologique, et, dans cette mesure, ne mérite que des éloges.

III. — M. Charles Janet, dont le nom est attaché à de très nombreuses recherches spéciales, concernant principalement l'entomologie, publie, cette fois, un essai synthétique de morphologie comparée des êtres vivants, végétaux et animaux.

Il part de trois postulats, qui sont acceptables, certes, comme hypothèse de travail, mais ne justifient peut-être pas l'adhésion ferme que leur accorde l'auteur : « 1° Tous les êtres vivants proviennent d'une forme initiale unique ; 2° Cette forme unique est celle du Flagellate ; 3° Ce dernier est un Phyto-zoo-flagellate, c'est-à-dire un Flagellate possédant, à la fois, le mode d'alimentation phytique et le mode d'alimentation zoïque » (p. 5).

M. Janet ajoute cette remarque intéressante... et contestable : « Quant aux Êtres vivants qui nous paraissent être plus simples que le Flagellate, ce sont, très probablement, des Flagellates dégénérés. Le parasitisme est sans doute l'une des causes principales de leur dégénérescence » (Ibid.).

Nous ferions des réserves plus formelles à une hypothèse d'ordre métaphysique, admise par M. Janet, sans qu'elle ait, d'ailleurs, un lien nécessaire avec ses conceptions morphologiques. Recherchant l'origine première de la vie, il écarte, comme « très probablement inexacte », l'hypothèse d'une génération spontanée aux dépens de la matière brute, et se rallie à la théorie de Svante Arrhénius, d'après laquelle notre globe, encore stérile, aurait rencontré, sur sa trajectoire, des germes vivants (ici : spores de Flagellates) flottant dans les espaces interastraux. L'auteur poursuit : « L'hypothèse très probablement exacte de l'arrivée, sur la Terre, d'un ou de plusieurs germes d'origine extra-terrestre, laisse sans solution le problème de l'origine première de l'Être vivant. Mais il est probable, qu'en réalité, il s'agit là d'un pseudo-problème, d'un problème inexistant, car l'Être vivant n'a, vraisemblablement, pas de commencement absolu. Il

a, comme la matière et l'énergie, toujours existé comme tel ou toujours été représenté par une entité de nature similaire à la sienne » (p. 7).

Mais ce ne sont là que des préliminaires à la partie proprement scientifique du travail. M. Janet, dans celle-ci, étudie « la constitution de l'*orthobionte* », tant animal que végétal, à partir du Flagellate primitif supposé. (L'*orthobionte*, c'est-à-dire la réalité morphologique — structure ou enchaînement de structures — qui conduit d'un zygote initial quelconque à un zygote nouveau. Dans le cas le plus simple, l'orthobionte correspond au cycle d'une évolution individuelle.)

De cette portion du Mémoire, nous ne ferons ni un exposé ni une critique, pour la bonne raison que l'exposé devrait, pour être exact et intelligible, prendre à peu près les dimensions de la brochure originale, très concise, et que la critique demanderait un volume trois fois plus considérable. Notre impression d'ensemble est que M. Janet dresse un tableau abstrait et logique d'homologies, mais ne justifie pas assez la transposition de ces homologies statiques aux problèmes dynamiques de la morphogénèse. Nous craignons que la nouvelle hypothèse n'ait le sort de beaucoup d'hypothèses transformistes, qui reposent presque exclusivement sur la comparaison et le classement des structures, mais trop peu sur l'expérimentation des facteurs morphogénétiques ; expérimentation indispensable, cependant, pour apprécier la possibilité physique des transformations postulées. Cette remarque ne tend point à contester l'intérêt de la synthèse tentée par M. Janet, mais seulement à en souligner, plus que ne fait l'auteur lui-même, le caractère largement hypothétique.

J. Maréchal, S. J.

XVIII

An introductory course in experimental psychology. A Text-book and Laboratory-Manual for the use of Colleges and for private study. By H. Gruender, S. J., Ph. D., professor of Psychology, St. Louis University. Vol. I.

In-8°, 295 pages. — Loyola University Press. Chicago, U. S. A., Illinois, 1920.

Ce petit Manuel mérite d'être signalé à l'attention de ceux qu'intéresse l'enseignement de la Psychologie expérimentale. Il est très difficile (nous le savons d'expérience personnelle) d'ordonner, endéans le petit nombre d'heures concédé par les programmes les plus généreux, la matière étrangement vaste et touffue qu'embrasse cette science nouvelle. Bon gré mal gré, on doit opérer un triage et adopter un point de vue limitatif. Souvent le côté proprement expérimental sera largement sacrifié : c'est le cas dans la plupart des « Abrégés », par exemple dans le *Leitfaden* de Ziehen, dans le *Grundriss* de Wundt ou dans les *Eléments de Psychologie expérimentale* du P. de la Vaissière. Grâce à ce sacrifice, les auteurs parviennent à condenser fortement l'ensemble des questions de psychologie, sans en altérer trop les proportions respectives. Mais leur cours devient un exposé sommaire des résultats de l'expérience plutôt qu'une introduction réelle à cette expérience.

Parfois cette lacune du Cours professé est comblée par des exercices de laboratoire ; mais l'institution de ceux-ci en dehors des leçons théoriques suppose une organisation déjà assez développée de l'enseignement psychologique. Là où ces exercices existent, les « Techniques » ou les « Praktikum » viennent avantageusement renforcer les « Text-books » ou les « Lehrbücher ».

Parfois aussi, l'on s'efforce de rapprocher, dans un même Manuel, les deux points de vue : par exemple, en anglais, le *Text-book of experimental Psychology* (2 vol.) de Myers juxtapose théorie et pratique. Le P. Gruender va plus loin dans la même voie : guidé par une préoccupation pédagogique, il unit plus étroitement encore la théorie et la pratique, c'est-à-dire, plus exactement, fait sortir, autant que possible, la théorie elle-même des expériences simples exécutées par les élèves. A vrai dire, le procédé n'étant pas très rapide, l'auteur se voit contraint, faute de temps, de faire un choix parmi les questions traitées, insistant sur telles et telles qui se prêtent mieux à l'expérimentation scolaire, mais, pour les autres, les négligeant délibérément ou se bornant à les signaler au passage. A cette méthode, il voit

d'autant plus d'avantages, qu'il se propose de développer, chez ses auditeurs ou ses lecteurs, le sens de l'observation et de l'interprétation psychologique beaucoup plus que l'érudition spéciale en cette branche. Son cours, il y insiste, est élémentaire, et constitue, à proprement parler, une « introduction », non un « exposé » : « Ce livre, écrit-il, n'est ni un Manuel théorique complet, ni un Manuel complet de laboratoire. Il n'est pas non plus une simple esquisse des principaux résultats obtenus dans les laboratoires de psychologie. Il est ni plus ni moins ce qu'exprime son titre : une *Introduction à la Psychologie expérimentale* » Ce livre a pour but de mettre l'étudiant au contact des méthodes et des résultats de la psychologie expérimentale, et cela non pas d'une manière purement descriptive, mais en l'initiant réellement à l'expérience du laboratoire. Aussi a-t-il fallu faire une sélection parmi les problèmes psychologiques. On n'a choisi que des sujets importants : mais les sujets choisis sont traités aussi à fond qu'il est possible de le faire sans appareils compliqués » (pp. 13-14). De fait, tout ce premier volume repose sur 125 expériences, faciles à réaliser et ne nécessitant qu'un petit nombre de dispositifs peu coûteux.

Comme il fallait s'y attendre, c'est le traité des perceptions visuelles qui prend, dans le Manuel du P. Gruender, la part du lion (218 pages). Progressivement, à partir d'expériences si simples qu'elles feraient sourire (à tort) nos étudiants latins, l'auteur introduit ses élèves dans la complexité du phénomène psychologique. Il refait avec eux l'étude qualitative élémentaire des sensations visuelles, parcourt et compare la gamme des tonalités chromatiques et celle des tonalités achromatiques, fait ressortir les effets de contraste et d'adaptation, insiste sur quelques points d'application pratique, comme les cécités chromatiques et les dyschromatopsies moindres, puis éprouve la valeur des théories physique et chimique de la vision colorée. En cours de route, il a glissé déjà pas mal de remarques sur le rapport, qui n'est point un parallélisme, entre le « physique », le « physiologique » et le « psychologique ». Ces remarques, de portée théorique, vont se multiplier dans les chapitres suivants, où sont étudiés des phénomènes plus compliqués, nous voulons dire la perception, soit monoculaire,

soit binoculaire, de la « direction » et de la « distance » (relief, profondeur). Avec cette analyse de l'espace visuel, s'achève l'exploration du premier et principal domaine expérimental choisi par l'auteur pour base de son exposé : les perceptions visuelles. Il va sans dire que l'étude de la vision a permis de décrire, occasionnellement, beaucoup d'éléments psychologiques autres que ceux de la vue.

Les chapitres suivants, consacrés à l'attention, à la perception sensible en général (par opposition à la pure sensation) et à l'imagination sont groupés pareillement autour de quelques expériences simples, qui servent heureusement de point d'attache à l'enseignement théorique, bien qu'elles n'en fournissent pas toujours une démonstration adéquate et péremptoire. On pourrait être étonné de la brièveté relative de ces chapitres (70 pages, au total). Dans l'intention de l'auteur, ils ne constituent encore, croyons-nous, qu'un acheminement à l'étude des fonctions supérieures de l'esprit, réservées pour le second volume. C'est là, par exemple, qu'il sera parlé de l'aperception et de la mémoire. Peut-être résultera-t-il de cette disposition un enchevêtrement des questions un peu gênant.

Telle est la marche du premier volume de ce Manuel. Il faut en louer la clarté et la méthode. Le contenu aussi en est toujours d'excellente qualité, puisé aux sources les plus sûres, et, quand il y a lieu, les plus récentes. L'auteur reconnaît devoir beaucoup au P. Fröbes, S.J., dont nous avons signalé ici même, il y a peu de mois, le grand et docte *Traité de Psychologie expérimentale*.

Parmi les thèses d'intérêt plus général, il en est une, incontestable et souvent méconnue, que le P. Gruender met bien en évidence : la sensation pure n'appartient pas, comme telle, à notre expérience psychologique, pas plus d'ailleurs que la perception purement sensible (ou la représentation purement sensible) : l'une et l'autre n'atteignent notre conscience qu'enveloppées dans les conditions supérieures de l'aperception. On voudrait inviter certains philosophes, qui se forgent des problèmes illusoires d'épistémologie, à méditer cette vérité de La Palisse, heureusement retrouvée par les psychologues.

Pour être complet, ajoutons que, sur quelques points con-

troversés ou controversables, nous ne suivrions pas complètement l'auteur ; par exemple, nous ne trouvons décisives ni sa preuve du nativisme dans la perception de la 3e dimension, ni sa réfutation, d'ailleurs intéressante, du « sensationnalisme » ou de l'empirisme phénoméniste, dans la question de la nature du concept. Mais ces légères réserves ne diminuent en rien l'éloge que nous avons fait plus haut de ce premier volume d'un excellent Manuel élémentaire.

J. Maréchal, S. J.

XIX

Les phénomènes mystiques distingués de leurs contrefaçons humaines et diaboliques. Traité de Théologie mystique à l'usage des Séminaires, du Clergé et des Gens du Monde, par Monseigneur Albert Farges. Un vol. in-8°, de 640 pages. — Paris, Maison de la Bonne Presse, 1920.

Mgr Farges, dont les travaux de philosophie sont universellement connus dans les milieux catholiques, n'a pas besoin d'être présenté à nos lecteurs. Le livre qu'il vient de publier— déjà la réimpression en est imminente — parcourra sans doute la carrière heureuse de ses devanciers, maintes fois réédités. Ce succès assuré, en une matière sur laquelle nous possédions de bons ouvrages, anciens et modernes, fera honneur, une fois de plus, à certaines qualités maîtresses du savant auteur : l'art de la mise en œuvre ; la clarté, un peu superficielle parfois ; la facilité du style ; et aussi — pourquoi ne pas le dire — l'intrépidité même du controversiste devant ses adversaires non-croyants : car aussi bien, chez Mgr Farges, le penseur se double constamment d'un apologiste, et la contemplation philosophique ou théologique se fait volontiers militante.

Le volume que nous analysons est divisé en deux grandes parties, sur la base d'une distinction extrêmement importante en psychologie des mystiques : la distinction, bien élémentaire, entre l'essentiel et l'accessoire des états d'oraison. Trop d'auteurs font encore consister la vie mystique dans des phénomènes qui y sont accidentels. Mgr Farges

met nettement les choses au point. Nous goûtons fort sa première partie. L'activité mystique essentielle y est définie et décrite d'un point de vue qui rappelle celui de feu le P. Poulain. Ces 280 pages d'exposé général n'épuisent peut-être pas le sujet, ni ne prétendent à une originalité extravagante : mais elles sont lucides et pieuses, sereines et judicieuses. L'auteur s'y met constamment (nous serions tenté de dire : trop exclusivement) à l'école de Ste Thérèse et de St Jean de la Croix : saisi par la beauté pénétrante de son sujet, il en oublie presque ses préoccupations apologétiques, ce dont personne ne se plaindra, car aucune apologétique ne surpasse le rayonnement direct de la vérité. Sans doute, personnellement, nous eussions préféré, ici ou là, une affirmation plus nuancée ; mais ceci, vraiment, n'a guère d'importance.

La seconde partie du volume nous plaît moins, malgré son incontestable valeur. Il y est question de phénomènes assez disparates, qui accompagnent plus ou moins fréquemment l'état mystique essentiel. Mgr Farges énumère les plus marquants : « Tels sont, par exemple, les visions, les auditions de paroles surnaturelles, les révélations et les prophéties, les curieux phénomènes de double-vue et de télépathie, les aptitudes infuses pour les sciences ou les arts, les merveilleux accessoires de l'extase, tels que les stigmates, la lévitation, le rayonnement du corps, la bilocation, l'affranchissement des nécessités physiques, par exemple du boire et du manger, l'empire sur les animaux et sur les éléments de la nature, les guérisons et autres miracles des thaumaturges mystiques, etc. » (p. 282). Selon nous (et il nous semble que telle est aussi, au fond, la pensée de l'auteur) dans cet ensemble de faits, les uns sont en eux-mêmes surnaturels et miraculeux ; d'autres, au contraire, bien que provoqués par une cause surnaturelle, se laissent ramener à des mécanismes naturels connus ou soupçonnés. Nous aimons à considérer les seconds comme une simple conséquence, ou même parfois comme une rançon psychophysiologique de l'état essentiel de contemplation, et dès lors nous ne voyons aucun inconvénient à leur reconnaître des homologues en psychologie, en métapsychie, ou même en psychopathologie. Toutefois, puisque ces derniers

phénomenes font partie intégrante d'une synthèse individuelle dont le principe, chez le mystique, est transcendant, on ne doit point s'attendre à les voir reproduire complaisamment des psychogrammes de laboratoire ou des tableaux cliniques de maladies nerveuses. Les faits protestent, d'ailleurs, contre ces assimilations hâtives, qui tendraient à travestir les grands mystiques chrétiens en autant de psychasthéniques, d'hystériques ou de médiums. Ceci, Mgr Farges le démontre surabondamment, souvent avec beaucoup d'érudition et de largeur de vues. Ce qui ne veut pas dire que nous nous portions garant de toutes ses affirmations de détail. Nous avouerons même que ses analyses psychomédicales nous paraissent moins fouillées que ne le ferait supposer leur développement matériel. Et aussi, que son souci avoué — et entièrement louable — d'apologétique, l'empêche parfois de discerner quelques éléments de vérité dans les thèses qu'il combat. Mais cet écueil — nous entendons une certaine simplification des problèmes — est-il entièrement évitable en un sujet aussi varié, aussi mal exploré et aussi délicat que sont les phénomènes accidentels du mysticisme ?

Au total, dans cette seconde partie de son livre, écrite d'une main aussi ferme, mais peut-être avec moins de sérénité que la première, Mgr Farges reste un guide sûr, qu'on ne peut mieux faire que de suivre, dût-on çà et là céder à son autorité plutôt qu'à ses raisons.

J. Maréchal, S. J.

XX

Le Dogme et la loi de l'Islam. Histoire du développement dogmatique de la religion musulmane, par I. Goldziher, professeur à l'Université de Budapest. Traduction de Félix Arin, docteur ès sciences juridiques, inspecteur des services judiciaires chérifiens. Un vol. grand in-8°, de 315 pages. — Paris, Geuthner, 1920.

Les conférences sur l'Islam — *Vorlesungen über den Islam* — publiées en 1910, dans la Religionswissenschaftliche Bibliothek (Winter, Heidelberg), par M. Ignace Gold-

ziher, étaient généralement considérées, avant la guerre, comme un des meilleurs exposés d'ensemble, relativement brefs, de la religion et des institutions musulmanes. Ceux qui les ont lues se souviendront de leur riche contenu, que nous rappelons en deux mots : la personnalité de Mahomet et les origines de l'Islam (chap. I) ; le développement juridique (chap. II) et le développement dogmatique (chap. III) dans l'Islam ; l'ascétisme primitif ; la naissance, le progrès et la situation légale du soufisme (chap. IV) ; la diversité des sectes dans la communauté musulmane (chap. V) ; enfin, les formations religieuses postérieures, relativement récentes (depuis la fin du XVIIIe siècle), comme le mouvement wahhâbite, le bâbisme continué par le béhâisme, et enfin l'islamisme de l'Inde, avec ses altérations et ses mélanges (chap. VI).

L'intérêt de ces conférences, après la décade troublée que nous venons de traverser, subsiste tout entier, et le traducteur rend service au public de langue française en publiant aujourd'hui son travail, achevé dès la fin de 1914. Nous ajouterons, c'est justice, que la traduction claire, correcte et même sobrement élégante se lit sans effort.

J. M.

XXI

PRINCIPES D'ÉCONOMIE SOCIALE, par le R. P. VALÈRE FALLON, S. J., docteur en Sciences politiques et sociales. — Ouvrage honoré d'une lettre de Son Éminence le Cardinal MERCIER. Un vol. de XII-392 pages (22 × 14). — Louvain, Bomans, 1921.

Ce livre est le résumé d'un cours que le R. P. Fallon professe au Collège philosophique de Louvain et à l'École technique de Liége ; il sera cependant des plus utiles à tous ceux qu'intéressent l'Économie politique et la Morale sociale. Comme le titre l'indique, l'auteur a voulu établir et préciser les principes directeurs plutôt que discuter par le menu les applications concrètes qui déjà en furent tentées ou qui devraient l'être. Cela n'empêche pas que des faits judicieusement choisis dans le domaine social, de la Belgique

et de la France principalement, ne soient fréquemment avancés en exemples des doctrines étudiées.

Nous ne pouvons évidemment passer ici en revue tous les sujets traités au cours de ces 400 pages bien remplies, ni même reproduire les tables très détaillées qui facilitent l'emploi du volume. L'auteur n'a omis d'examiner aucune des parties de sa vaste matière. Il a même abondamment étudié les faits sociaux, les réformes sociales qui ont le plus occupé les spécialistes au cours des dernières années : machinisme, taylorisme, nationalisation des industries, dépopulation, contrat de travail, actionnariat ouvrier, participation ouvrière tant aux bénéfices qu'à la gestion, etc...

Plusieurs paragraphes ont spécialement attiré notre attention. Le R. P. met une certaine insistance à bien définir le rôle de *l'entrepreneur*, afin d'en faire saisir aussi l'importance. Trop souvent, pour l'ouvrier surtout, l'entrepreneur ne se distingue ni du capitaliste, ni du directeur. Pourtant l'un n'a pas eu l'initiative de l'affaire à laquelle il prête ses capitaux ; l'autre n'y court souvent aucun risque, son traitement étant assuré, bon an, mal an. L'entrepreneur au contraire « décide de l'opportunité d'une entreprise ; il en prend l'initiative ; il en conçoit le plan d'ensemble ; il en réunit les éléments ; il en assume le risque matériel et moral ; il conserve sur elle la haute main » (p. 236). Il se présente donc bien comme l'agent le plus actif de la production. — Ailleurs, le R. P. signale fort heureusement un élément inaperçu jusqu'ici, et d'influence décisive parfois, de la valeur et partant du prix des marchandises : c'est, chez l'acheteur, l'intensité de *sa volonté d'acquérir*. Parfois elle est telle qu'elle passe outre aux pires exigences du vendeur ; parfois, malgré d'urgentes nécessités, l'acheteur se rebiffe devant ces exigences excessives et par un refus obstiné force le vendeur à diminuer notablement ses prix. — Le lecteur pourra tirer également un très grand fruit des considérations du R. P. sur le taux des salaires et sur la nécessité des *allocations familiales*. Cette thèse n'étonnera pas de la part d'un membre très actif de la *Ligue des Familles nombreuses*.

Son Éminence le Cardinal Mercier donnait la note exacte de ce bon livre quand il écrivait à l'auteur : « Ce qui me

frappe surtout et me plaît dans cet écrit, c'est que vous vous gardez de satisfaire, par des réponses simplistes, tranchantes, la curiosité hâtive du public, qui veut bien lire, mais n'a plus la patience d'étudier. Vous envisagez les problèmes sous leurs multiples aspects et vous ne concluez qu'avec une sage lenteur et avec circonspection ».

R. L.

XXII

Les peuples d'Extrême-Orient. Le Japon, par Émile Hovelaque, Inspecteur général de l'Instruction publique. Un vol. de la Bibliothèque de philosophie scientifique, dirigée par le Dr Gustave le Bon. — Paris, Flammarion, 1921.

Ce volume est intéressant, moins toutefois, nous a-t-il semblé, que « La Chine » du même auteur. Il s'inspire des mêmes conceptions générales, strictement naturalistes et révèle, avec les mêmes procédés de composition, le même talent d'écrivain, talent qui n'a rien perdu de sa souplesse, ni de sa puissance évocatrice. La plume de M. Hovelaque vaut le pinceau du plus habile paysagiste. Figurez-vous un Loti qui serait à la fois historien, professeur d'esthétique et d'économie politique et statisticien habile à manier le chiffre; vous aurez une idée de la physionomie littéraire de M. Hovelaque. Son livre instruit et enchante ; il est positif et idéaliste. C'est un « year-book » que l'on dirait écrit par un Bernardin de St-Pierre.

Après une vue d'ensemble sur le génie et la civilisation nippons, essentiellement esthétiques d'après lui, l'auteur donne une rapide histoire politique du pays. Elle est très insuffisante au point de vue des relations du Japon avec les missionnaires chrétiens de l'Occident. Sur ce point particulier, M. Hovelaque aurait pu trouver des renseignements aussi exacts que concis dans l'histoire de la Compagnie de Jésus du R. P. J. Brücker. La lecture de cette œuvre objective et impartiale lui aurait épargné des jugements d'une excessive rigueur sur l'activité des missionnaires catholiques dans les îles nipponnes. Une des parties les plus vivantes du livre, la plus originale peut-être, en tout cas, la plus neuve,

c'est l'histoire de l'art japonais. L'intérêt que suscite le « Japon moderne » est plutôt d'essence politique. L'auteur laisse prévoir comme inévitable le conflit Nippo-américain dans le Pacifique.

Nous aimons beaucoup la manière de M. Hovelaque ; nous avons, pour ses dons d'écrivain, l'estime la plus profonde : ils nous paraissent hors ligne. Nous ne saurions partager ses idées. L'Europe a peu à apprendre d'un pays que son panégyriste nous montre en proie à tous les chancres de notre civilisation occidentale : socialisme, paupérisme, corruption électorale, tuberculose et syphilis. Si aux asiatiques notre civilisation européenne paraît purement matérielle, la raison en est aisée à découvrir : le reniement public et privé des doctrines vivifiantes de l'Évangile. Remontons à nos sources ; c'est assez pour que nous puissions nous passer de l'apport des civilisations d'Extrême-Orient. Les raisons de « notre longue erreur » sont dans l'oubli pratique de nos origines chrétiennes ; elles ne résident pas, comme le veut M. Hovelaque, dans notre exclusivisme jalousement occidental.

F. J.

XXIII

LE PROBLÈME MORAL ET LA PENSÉE CONTEMPORAINE, par D. PARODI. Deuxième édition. Un vol. de 300 pages. Bibliothèque de Philosophie contemporaine. — Paris, Alcan, 1921.

Le titre de cet ouvrage en dépasse le contenu. L'auteur prend soin de nous en avertir dès les premières lignes de sa préface : « Nous réunissons ici, écrit-il, un certain nombre d'études critiques... sans essayer d'en dissimuler le caractère discontinu et fragmentaire ».

Ces études portent sur les théories morales de M. Metchnikoff, Durkheim, Lévy-Bruhl, Fouillée, et quelques-uns des problèmes soulevés par la guerre. Très perspicace dans la critique, le rationalisme étroit de M. Parodi apparaît singulièrement stérile quand il s'essaie à édifier une doctrine morale. Une crainte superstitieuse de la métaphysique l'empêche de prendre pied nulle part. Plus d'une fois, il aborde les vrais problèmes ; il touche aux solutions ; mais

sa phobie le reprend et il s'esquive en décrivant une courbe fuyante.

S'il faut en juger par cet ouvrage, la pensée contemporaine se cherche elle-même et balbutie, dans une matière où la fermeté des principes et du langage s'imposerait impérieusement.

V. F.

XXIV

La conscience française et la guerre, par G. Belot. Un vol de 196 pages. Bibliothèque de Philosophie contemporaine. — Paris, Alcan, 1921.

Ce petit livre préfacé par M. Boutroux réunit cinq articles publiés et deux conférences données pendant la guerre.

Préoccupé d'idées morales, dépourvu de toute conviction religieuse, fervent de la démocratie et du pacifisme, M. G. Belot se montre toutefois moins positiviste et moins scientiste que dans ses précédentes « Études de Morale positive », sans parvenir néanmoins à asseoir ses théories morales sur un terrain consistant.

V. F.

REVUE
DES RECUEILS PÉRIODIQUES

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES

Le rôle d'Archimède dans le développement des sciences exactes, par J. L. Heiberg (1). — C'est la compétence hors de pair de l'illustre éditeur d'Archimède, d'Euclide, d'Apollonius et de Ptolémée, qui appelle surtout l'attention sur ce petit article. Sans aucun appareil d'érudition, en neuf pages d'un style serré, le professeur de Copenhague y condense les principaux résultats de nombreux mémoires qu'il a publiés dans des recueils les plus divers. Il est malaisé de résumer encore davantage une note déjà si courte, si concise. Elle se compose, en fait, de deux parties à peu près d'égale étendue et nettement distinctes, quoiqu'elles n'aient ni titres, ni en-têtes. Dans la première partie, M. Heiberg cherche à replacer Archimède dans son cadre grec. Pour cela, il rappelle quel était le niveau atteint par la géométrie de l'École Alexandrine lors des débuts du Syracusain. Il énumère ensuite les principales découvertes d'Archimède, ce qui lui permet de préciser l'influence que l'incomparable géomètre exerça sur le progrès de la science de ses contemporains. Dans la seconde partie, il nous fait l'histoire des manuscrits qui nous ont conservé les œuvres d'Archimède.

J'appelle spécialement l'attention des mathématiciens sur cette seconde partie. La dépendance mutuelle des manuscrits, ou si l'on veut leur filiation d'une souche unique

(1) « Scientia » Rivista di Scienza. X^e année; vol. XX, Bologne, Zanichelli, 1916; pp. 81-89. L'article est écrit en français.

par des intermédiaires plus ou moins nombreux, est un problème donnant lieu à des recherches attachantes, parfois même passionnantes. Mais à ceux qui n'y sont point habitués, elles font d'ordinaire l'effet d'un inextricable labyrinthe.

M. Heiberg présente cette fois au lecteur un résumé de l'histoire des manuscrits des œuvres d'Archimède, clair et facile à lire par les moins initiés ; bonne fortune pour les mathématiciens désireux de se faire une idée de la nature de ces recherches. Je dis « nature », qu'on veuille bien le remarquer, et non pas « difficulté » ; car le lumineux exposé de M. Heiberg pourrait faire illusion à ceux qui ne sont pas du métier. Il faut avoir essayé soi-même de pareils travaux, pour se rendre compte des efforts et des fatigues qu'ils exigent et pour mesurer la hauteur des obstacles que le chercheur doit souvent franchir.

Parmi les manuscrits des œuvres d'Archimède, il convient d'en nommer au moins un : celui qui contient la version latine d'un dominicain flamand, Guillaume de Moerbeke, faite à Viterbe, en 1269. Pour plusieurs parties importantes du texte, c'est notre source unique. L'autographe du traducteur, complètement oublié pendant des siècles, se conserve aujourd'hui à la Bibliothèque Vaticane (1).

Guillaume de Moerbeke s'est illustré au XIIIe siècle par ses versions latines des classiques grecs, notamment par celles de plusieurs traités d'Aristote. Jusque récemment encore, on l'ignorait comme traducteur d'Archimède. Ni la *Biographie Nationale* (2), publiée par l'Académie Royale de Belgique, ni Quetelet, dans son *Histoire des Sciences Mathématiques et Physiques chez les Belges* (3) n'en parlent à ce point de vue. C'est en 1884 seulement que dans la DEUTSCHE LITTERATURZEITUNG (4), Valentin Rose a signalé l'existence du manuscrit de Guillaume de Moerbeke. Depuis lors le précieux autographe a donné lieu à de multiples travaux parmi lesquels il faut signaler ceux de M. Heiberg, dans ses

(1) Il y est coté : Cod. Ottobon, lat. 1850.

(2) T. VIII. Bruxelles, Bruylant-Christophe, 1884-1885. Au mot : Guillaume de Moerbeke.

(3) Bruxelles, Hayez, 1864 ; pp. 45 et 46.

(4) Pp. 210-213.

Neue Studien zu Archimedes (1) et dans sa 2me édition des *Archimedis Opera omnia cum commentariis Eutocii* (2), publiée chez Teubner à Leipzig. Il suit de ces études et de celles de Valentin Rose que l'autographe de Moerbeke a servi jadis à Lucas Gauricus et à Tartaglia pour publier les fragments qu'ils ont donnés des œuvres du Syracusain. Chez Tartaglia l'utilisation de cet autographe constitue un plagiat, car il cherche à faire croire au lecteur qu'il a travaillé directement sur les manuscrits grecs et que la version latine qu'il leur offre est de lui. Heureusement pour la mémoire du grand Italien, il a d'autres titres de gloire moins contestables !

La quadrature de la parabole d'Ibrahim ibn Sinan ibn Thabit, par SUTER (3). — Ibrahim ibn Sinan ibn Thabit était jusqu'ici peu connu, même des historiens des mathématiques, à l'exception de ceux qui étudient spécialement les géomètres arabes. Cantor (4) nous dit qu'il vécut de 908 à 946, qu'il était mathématicien distingué, qu'il commenta le premier livre des coniques d'Apollonius et qu'il composa un ouvrage original sur le problème des contacts ; c'est tout et c'est peu de chose.

Dans sa précieuse bibliographie des astronomes et des mathématiciens arabes (5), l'auteur du présent article,

(1) ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATIK. T. V, Leipzig, Teubner, 1890, pp. 3-84. Au commencement de l'introduction, M. Heiberg donne une description détaillée du Cod. Ottobon. lat. 1850, qui renferme avec des manuscrits d'autres auteurs, l'autographe de Guillaume de Moerbeke.

(2) Le premier volume de cette seconde édition a paru en 1910, le second en 1913, le troisième en 1915.

(3) *Abhandlung über die Ausmessung der Parabel von Ibrahim b. Sinan b. Thabit*, aus dem Arabischen übersetzt und kommentiert, von H. Suter. VIERTELJAHRSSCHRIFT DER NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT IN ZÜRICH. 63e année. Zürich, Zürcher et Furrer, 1918; pp. 214-228.

(4) *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*. 3e éd., t. I, Leipzig, Teubner, 1907, p. 749.

(5) *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke*, von Dr Heinrich Suter. ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN ; t. X, Leipzig. Teubner, 1900 ; pp. 53 et 54.

M. Henri Suter, nous en apprend davantage. Comme son père, dit-il, et son grand-père, Ibrahim était médecin de profession. Il connaissait la philosophie et les sciences mathématiques mieux que personne, et surpassait tous ses contemporains par sa perspicacité et son érudition. Il naquit l'an de l'hégire 239 (908-9 ap. J.-C.) et mourut à Muharrem en 335 (946 ap. J.-C.) à peine âgé de 38 ans. Puis M. Suter donne une liste des travaux d'Ibrahim, beaucoup plus longue que celle de Cantor, mais inutile à transcrire ici.

L'article du savant professeur de Zurich nous permet, pour la première fois, de nous faire une idée personnelle du mérite d'Ibrahim. Cet article se divise en trois parties : une introduction, la traduction allemande du texte arabe du *Traité de la Quadrature de la Parabole*, un commentaire. L'introduction fort courte est d'intérêt purement bibliographique. Elle nous apprend que la version allemande a été faite d'après le texte arabe d'un manuscrit de la Bibliothèque Nationale de Paris (1). Le corps de l'ouvrage est composé de quatre propositions, dont les trois premières suffisent à Ibrahim pour le conduire au but ; la quatrième est une proposition complémentaire. Le commentaire est très intéressant. M. Suter y défend cette thèse, que la quadrature de la parabole d'Ibrahim est la plus simple de celles que l'antiquité et le moyen âge nous ont léguées ; c'est-à-dire, la plus simple de toutes celles qui précédèrent l'invention du calcul intégral. Pour le démontrer, il la compare à la deuxième quadrature de la parabole par Archimède, dont il réédite en allemand les sept propositions (2).

Sur les difficultés qui se rencontrent dans l'étude de l'histoire des mathématiques chinoises, par LORIA (3). — L'article de M. Loria est, à proprement parler, la reproduction d'une conférence faite à la Société Ligurienne

(1) Coté 2457, nº 26.

(2) Ce sont les propositions 18-24 de la *Quadratura Parabolae*, d'après la seconde édition des *Archimedis Opera omnia*, par Heiberg, citée ci-dessus ; t. II, pp. 300-315.

(3) *Che cosa debbono le matematiche ai Cinesi ?* BOLLETTINO DELLA MATHESIS, 12e année, avril 1920 ; pp. 63-76. (D'après le tiré à part).

« Mathesis », le 12 janvier 1920. Discours important, moins cependant par les renseignements nouveaux sur les mathématiques chinoises — on peut en trouver davantage ailleurs — que par les réflexions très justes sur les difficultés propres à l'histoire des sciences exactes chez un peuple pourtant si cultivé.

Il y a d'abord la langue dans laquelle les ouvrages sont écrits. N'en parlons pas, on en demeure d'accord. Il y a ensuite l'orgueil national des habitants de l'Empire du Milieu, leur fétichisme du passé, qui pousse irrésistiblement les Célestes à exagérer leurs découvertes, à les reculer dans la nuit des temps, et même à s'attribuer celles d'autrui.

Nos principales sources d'information sont les documents envoyés en Europe par les missionnaires qui évangélisèrent la Chine aux XVIIe et XVIIIe siècles. Ces Pères savaient le chinois, et pouvaient consulter sur place les pièces originales. Mais il ne faudrait pas choir dans l'erreur où me semble être tombé Montucla (1), dont M. Loria résume un passage. L'historien français prend bien trop en bloc les appréciations des missionnaires, sans assez les discuter, sans peser suffisamment leur valeur respective. Les auteurs de ces informations n'étaient pas toujours également en position d'être bien renseignés. Passons outre sur ceux qui étaient attachés au ministère paroissial des villes et des campagnes ; leur avis ne compte guère, quoiqu'ils ne se fissent pas toujours scrupule de le donner à l'occasion. Tenons-nous-en au témoignage de ceux qui étaient au service de la Cour ou de l'Observatoire de Péking. Là encore il faut distinguer les deux règnes de Kang Hi et de Kien Long, chacun d'une durée de soixante ans. J'omets le règne relativement court de Yong Tseng qui les sépare. Kang Hi aime les missionnaires et les laisse travailler librement à la conversion de ses sujets ; les Pères sont surchargés de besogne et n'ont guère le temps de s'occuper d'histoire. Kien Long déteste ces étrangers, les supporte parce qu'il ne peut se passer de leurs services, leur ménage volontiers de longs loisirs forcés. C'est le beau temps pour l'étude des antiquités de la Chine ; celui de Cibot,

(1) *Histoire des Mathématiques*. Nouvelle édition, tome I. Paris, Agasse. An. VII. Livre V, p. 461.

d'Amyot et du plus érudit, du plus judicieux de tous, Antoine Gaubil. Sa correspondance avec l'astronome de l'Isle, conservée à l'Observatoire de Paris, est une source inépuisable d'information (1).

D'autre part, les renseignements relativement peu nombreux, envoyés par les Pères qui vécurent sous Kang Hi, ne contredisent pas le témoignage de ceux qui écrivirent sous Kien Long. Mes recherches antérieures m'ont fourni l'occasion de lire par centaines les lettres des Jésuites envoyés en Chine aux siècles passés ; lettres le plus souvent autographes et inédites. J'ai eu notamment en mains ce qui nous reste de la correspondance de Verbiest et, presque tout entière, la riche correspondance d'Antoine Thomas. Tous deux eurent l'honneur de diriger l'Observatoire impérial ; mais y ayant fait carrière sous Kang Hi, ils ne trouvèrent guère le temps de se livrer à des études d'histoire. Néanmoins ils sont des plus instructifs à écouter quand ils racontent leurs relations quotidiennes avec leurs collègues chinois. Jamais d'ailleurs, ni Verbiest, ni Thomas ne discutèrent « ex professo », dans leurs lettres, les aptitudes du Chinois pour les mathématiques ; mais c'est une garantie d'impartialité. Impossible de les soupçonner de défendre une thèse préconçue. Or, on conclut spontanément de leurs anecdotes, que le géomètre chinois montre souvent peu de goût pour les méthodes générales et qu'il a un mince souci de la rigueur. En revanche, le problème concret dont la solution demande avant tout de la patience l'attire, et les longs calculs ne le rebutent pas. C'est, somme toute, la conclusion à laquelle M. Loria parvient de son côté, par une voie différente de la mienne.

Ne nous récrions donc pas, si dans certaines recherches l'Asiatique devance chronologiquement l'Européen. Ainsi, on peut admettre, qu'avant le géomètre européen, le chinois a calculé avec une grande approximation le rapport de la circonférence au diamètre ; que de très bonne heure aussi, il prit plaisir aux problèmes d'analyse indéterminée. Ceux-ci

(1) Voir pour plus de détails : *Inventaire général et sommaire des Manuscrits de la Bibliothèque de l'Observatoire de Paris*, par M. G. Bigourdan ; sans lieu, ni date, ni nom d'imprimeur ; pp. 15-18.

furent, il est vrai, souvent enfantinement simples ; mais il y en eut de sérieux. En voici un exemple. Y a-t-il, en effet, bien grande différence entre les deux exercices suivants :

On demande un nombre qui, divisé par 3, donne pour reste 2 ; divisé par 5, donne pour reste 3 ; divisé par 7, donne pour reste 2 ?

Trouvez le plus petit nombre qui, divisé par 28, donne pour reste 13 ; divisé par 19, donne pour reste 4 ; divisé par 15, donne pour reste 9 ?

Eh bien ! le premier de ces exercices, comme le rappelle M. Loria, se lit dans l'*Histoire du développement des Mathématiques en Chine et au Japon* (1), par M. Yoshio Mikami. L'érudit Japonais en attribue la solution à Sun Tsu, géomètre chinois certainement très ancien, quoiqu'il soit impossible de préciser exactement l'époque où il vécut.

Quant au second, c'est un des rares problèmes de la théorie des nombres qui parvinrent à fixer l'attention de Christiaan Huygens. Il le résolut, en septembre 1666 (2). Je le sais, cet exercice devenu classique sous une forme généralisée se rencontre aujourd'hui dans mainte algèbre élémentaire. Cela ne doit pas faire illusion sur la difficulté qu'il offrit à ceux qui s'en occupèrent les premiers. Que si on s'en étonnait, je rappellerais que Gauss lui-même n'a pas craint de le reprendre dans ses *Disquisitiones Arithmeticae* (3).

De tout ce qui précède, venons-en avec M. Loria, à une conclusion pratique. Quel moyen imaginer pour faciliter l'étude de l'histoire des mathématiques chinoises ?

Une chose paraît avant tout nécessaire : publier des textes

(1) *The Development of Mathematics in China and Japan.* Leipzig, Teubner, 1913 ; 1re partie, chap. 4, p. 32.

(2) *Œuvres complètes de Christiaan Huygens publiées par la Société Hollandaise des Sciences.* Tome XIV. La Haye, Martinus Nijhoff, 1920 ; pp. 521-523.

(3) *Carl Friedrich Gauss' Werke herausgegeben von der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen.* A la dernière page : Göttingen, Kaestner, 1870 ; *Disquisitiones arithmeticae*, sect. 2, nos 32-36 ; pp. 22-27.

Ch. Fr. Gauss. Recherches arithmétiques, traduites par A.C.M. Poullet-Delisle. Nouvelle édition. Paris, Hermann, 1910 ; 2me section, nos 332-36, pp. 15-19.

nouveaux avec traduction en regard, sur le modèle de ceux qui ont été édités dans le T'OUNG PAO (1), par le P. Louis Vanhée, S. J., peu de temps avant la guerre. Sans doute, des travaux comme l'*Histoire* de M. Mikami, que je viens de nommer, sont fort utiles. Nous ne saurions toutefois nous en défendre, mais l'auteur nous donne, malgré lui, l'impression de ne pas connaître à fond l'Europe. Il nous répondra du tac au tac que nous connaissons encore moins la Chine, et nous n'aurions qu'à nous taire. Voilà pourquoi il importe de mettre à notre disposition le plus possible de documents encore inédits. Les posséderons-nous bientôt ? Par les circonstances actuelles c'est douteux. En attendant, j'ai cependant la conviction que nous pourrions encore faire de précieuses trouvailles dans l'héritage que nous ont légué les missionnaires des XVIIe et XVIIIe siècles. Sauf ce que nous en a appris le P. Vanhée dans sa monographie consacrée aux écrits chinois de Verbiest (2), que connaissons-nous, par exemple, des trésors cachés dans le richissime fonds chinois de la Bibliothèque Nationale de Paris ?

Le plus ancien ouvrage de mathématiques imprimé dans le Nouveau Monde, par D. E. SMITH (3). — On croyait jusqu'ici, nous dit M. David Eugène Smith, que le plus ancien ouvrage de mathématiques publié dans le Nouveau Monde était celui qui parut à Boston, en 1729, et qui avait pour auteur Isaac Greenwood, titulaire d'une chaire dans un établissement connu depuis par le monde entier sous le nom de Harvard College. Et voilà que tout à coup on peut reculer la date de 1729 de plus d'un siècle et demi ! Aussi,

(1) Leyde, Brill. M. Loria cite plus particulièrement : *Problèmes chinois du second degré*, extraits du t. XII, 1911 ; pp. 559-562 ; et *Algèbre chinoise*, extraite du t. XIII, 1912 ; pp. 291-300.

(2) *Ferdinand Verbiest écrivain chinois*, par Louis Vanhée. SOCIÉTÉ D'ÉMULATION DE BRUGES. MÉLANGES, VII. Bruges, De Plancke, 1913.

(3) *The first work on mathematics printed in the New World*, by David Eugène Smith, Columbia University. THE AMERICAN MATHEMATICAL MONTHLY, t. XXVII, 1921 ; pp. 10-14. (D'après le tiré à part).

est-ce avec ce sentiment mêlé de satisfaction et de fierté, si connu par les archéologues et les amateurs de folk-lore de notre vieille Europe, que le professeur de New-York nous décrit le rare et curieux volume qu'il vient de découvrir. N'est-ce pas, en effet, pour un Américain, avoir retrouvé une pièce perdue d'archives de famille ? En voici d'abord le titre :

Sumario co(m)pe(n)dio de las que(n)tas de la plata y oro q(ue) en los reynos de Piru son necesarias a los mercaderes : y todo genero de tratantes. Co(n) algunas reglas tocantes al Arithmetica.

Fecho por Juan Diez freyle.

Le *Sumario* fut imprimé à Mexico, en 1556. Il se compose de 103 feuillets, pour la plupart numérotés, mais au recto seul et en chiffres romains. A en juger par les dimensions du fac-similé du titre reproduit dans l'article, le format est in-4°.

Quant à l'auteur, on en sait peu de chose. Parmi les rares renseignements trouvés par M. Smith, je note que Juan Diez était espagnol et natif de la province de Galice. Ce fut l'un des compagnons de Fernand Cortès dans sa conquête de la Nouvelle-Espagne. En écrivant le *Sumario*, Diez eut un but exclusivement pratique : être utile aux Espagnols du Nouveau Monde, qui y faisaient le commerce de l'or et de l'argent extraits des mines du Pérou.

Après ces quelques données bibliographiques et historiques, M. Smith tâche, par l'un ou l'autre exemple, de nous faire entrevoir le genre des problèmes traités par Juan Diez. A en juger d'après ces extraits, le *Sumario* est exactement au niveau des ouvrages similaires qui se publiaient alors en Europe. Il ne faudrait pas le comparer à l'*Arithmetica integra* de Stifel, mais plutôt à l'*Arithmeticae practicae methodus facilis* de Gemma Frisius.

Les derniers travaux sur Jean Taisnier d'Ath (1). — A tort ou à raison, peu importe, Jean Taisnier d'Ath est

(1) *Jean Taisnier d'Ath*, par Jules Dewert, professeur à l'Athénée royal d'Ath. ANNALES DU CERCLE ARCHÉOLOGIQUE D'ATH ET DE LA RÉGION, tome I, 1912. Bruxelles, Hayez, 1913, 36 pages.

Jean Taisnier, mathématicien, par Modeste Soons, professeur à l'Athénée royal d'Ath. Même volume, 8 pages.

Note sur Jean Taisnier, par Lucien Godeaux, lieutenant d'artil-

plus connu, même en Belgique, comme musicien que comme mathématicien. Il doit cette réputation à un article, jadis assez remarqué, dû à la plume d'Edm. van der Straeten, *La Musique aux Pays-Bas* (1), dans lequel cet érudit consacra un chapitre d'une certaine étendue à l'artiste athois. Je dis « artiste », car Taisnier pourrait bien avoir chassé de race. Il n'est pas improbable, en effet, qu'il soit apparenté au grand peintre flamand David Teniers, dont M. Dewert a cherché jadis à prouver l'origine wallonne (2). Mais laissons là le musicien, car nous n'avons à nous occuper que de Taisnier, géomètre, et par ricochet un peu aussi de Taisnier chiromancien.

Dans mon dernier *Bulletin d'Histoire des Mathématiques* (3), j'ai déjà présenté notre compatriote aux lecteurs de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, à propos d'un article de M. Lecat. Mon compte rendu était sous presse, comme je le fis alors remarquer, quand j'eus connaissance des articles sur lesquels je reviens aujourd'hui.

Jean Taisnier naquit à Ath, le 2 septembre 1508. Il était médecin de profession, mathématicien à ses heures, et avait, nous venons de le dire, un beau talent de musicien. « Ce personnage peu connu aujourd'hui, ajoute M. Dewert, mena une vie aventureuse sur laquelle la lumière se fait difficilement. Tous ses biographes se sont contentés de se copier l'un l'autre. L'un d'eux, Nicéron, fait remarquer

lerie, docteur en sciences physiques et mathématiques, répétiteur d'analyse à l'École militaire. Même recueil, t. II, année 1913. Bruxelles, J. Sellekaer et F. de Keuleneer, 1914 ; pp. 235-238.

Un mathématicien belge du XVIe siècle : Jean Taisnier. Note de Lucien Godeaux. BOLLETTINO DI BIBLIOGRAFIA E STORIA DELLE SCIENZE MATEMATICHE. Pavia, Prem. tip. successori Fusi, fasc. d'avril, mai, juin 1915, pp. 33-36.

(1) *La Musique aux Pays-Bas. Documents inédits et annotés*, 3e partie (2e suite). IV. Taisnier (Jean), par Edm. van der Straeten. ANNALES DE LA SOCIÉTÉ D'ÉMULATION POUR L'ÉTUDE DE L'HISTOIRE ET DES ANTIQUITÉS DE LA FLANDRE, 3e série, t. 10. Bruges, De Zutter, 1875, pp. 1-15.

(2) *Origine wallonne des peintres Teniers*, par J. Dewert, archiviste de la Ville d'Ath. BULLETIN DE LA COMMISSION ROYALE D'HISTOIRE, t. LXXX, pp. 287-319.

(3) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, t LXXVIII, juillet 1920, pp. 285-286.

avec raison qu'on trouve peu de renseignements à son sujet, et que la meilleure source concernant sa vie est encore ce qu'il dit lui-même dans les préfaces de ses ouvrages. On peut consulter aussi le livre VI de son *Opus Mathematicum*. On y trouvera ses pérégrinations et ses séjours en diverses villes pendant les années 1535 à 1561.

« Il a été exalté par certains qui se bornent d'ailleurs à répéter les titres qu'il se donne dans ses ouvrages... D'autres l'ont attaqué avec violence à cause de ses plagiats ».

Le but principal des articles actuels est de tirer ces divergences au clair. Le promoteur des nouvelles études sur Taisnier est M. Dewert, historien de carrière, qui s'est adjoint MM. Soons et Godeaux pour collaborateurs. Le premier de ces deux aides s'est plus particulièrement chargé de la partie mathématique du sujet ; le second s'est livré à des recherches bibliographiques dans les bibliothèques de l'Italie, notamment à Bologne. Les articles des trois savants se complètent et forment un ensemble d'un vif intérêt. Mais s'il me fallait y faire un choix, j'indiquerais la bibliographie de l'œuvre de Taisnier qui termine l'article de M. Dewert, comme le morceau le mieux réussi. A l'égal de tant d'autres éditions du XVIe siècle, les ouvrages de Jean Taisnier d'Ath ont de tout temps fait les délices des amateurs de belles impressions et de vieux livres rares. En décrivant ces volumes, M. Dewert s'est inspiré des modèles que lui donnait Ferdinand van der Haeghen dans la *Bibliotheca Belgica* : il ne pouvait mieux choisir.

Mais, après avoir lu les articles de MM. Dewert, Soons et Godeaux, quel jugement porterons-nous sur Taisnier ? Il faut le dire, malgré le soin et la minutie avec laquelle M. Dewert, aidé par ses collaborateurs, a étudié la vie et l'œuvre de son héros, il n'est pas parvenu à une conclusion ferme et irrévocable. Taisnier apparaît à l'historien, dit-il, « comme un homme plein de jactance et de vantardise, lançant ses ouvrages avec des réclames de charlatan, que l'on ne rencontre pas chez les grands mathématiciens tels que Gemma Frison ». C'est là effectivement chez le savant athois un premier travers qui saute aux yeux dès qu'on ouvre ses ouvrages. Il en a un autre que M. Dewert reconnaît encore sans détours : Taisnier a plus d'une fois plagié ses

devanciers. Mais, ces défauts avoués, on ne saurait nier que Taisnier « s'est montré ailleurs plein d'érudition. Il avait certainement beaucoup de lecture ».

Nous ne sommes cependant pas au bout de nos critiques contre le vieil Athois ; car on doit encore reprocher à Taisnier « son goût pour l'astrologie, la chiromancie, et toutes ces fausses sciences que nous répudions volontiers aujourd'hui, mais qui avaient encore beaucoup d'adeptes même dans la première moitié du XVIIe siècle ».

Ce faible de Taisnier demande un instant d'attention. La pratique méthodique et convaincue de la chiromancie est, chez les mathématiciens-médecins du XVIe siècle, un fait historique indéniable, dont il faut tenir compte si l'on ne veut pas se tromper du tout au tout sur l'état d'esprit de l'époque. En histoire, on ne peut pas traiter cette pseudo-science de quantité négligeable. Ce serait à plus forte raison une erreur de la regarder comme inexistante. Or, dans le domaine de la chiromancie, Taisnier joue un rôle considérable. Voici, à ce propos, l'extrait d'une note manuscrite, que l'éminent bibliographe Van Hulthem écrivit sur la page de garde de son exemplaire de l'*Opus mathematicum* de Taisnier, conservé aujourd'hui à la Bibliothèque Royale de Belgique (1). Elle mérite d'être publiée.

« La *chiromancie* ou l'art de deviner la destinée, le tempérament, le caractère et les inclinations d'une personne par l'inspection de la main et par les différentes lignes qui s'y trouvent est un art vain et ridicule, comme l'astrologie judiciaire, la géomancie, la nécromancie, etc., etc. Cependant des savants, des mathématiciens et des géomètres ont cru à des choses aussi ridicules, et ont écrit un grand nombre d'ouvrages sur ces matières ; ouvrages qui ne nous apprennent que la faiblesse de l'esprit humain et la crédulité de leurs auteurs. Il importe néanmoins de conserver ces sortes d'ouvrages pour s'en faire une vraie idée et pour s'assurer par ces exemplaires en quelles étranges erreurs des hommes qui d'ailleurs n'étaient pas dépourvus d'esprit ni de connaissances ont pu se jeter. Le présent ouvrage (c'est-à-dire l'*Opus mathematicum*), aujourd'hui très rare, est le plus

(1) Coté V. H. 8013, in-folio.

remarquable de tous ceux qui ont été écrits sur la *chiromancie* ».

Résumons ces diverses appréciations.

« Dépourvu d'esprit et de connaissances », pour parler comme Van Hulthem, Taisnier l'était moins que tout autre. Ses travaux sur l'anneau astronomique, dont M. Soons s'est surtout occupé et que jusqu'ici j'ai trop passés sous silence, sont le fait d'un homme intelligent, perspicace, ne manquant pas de bon sens quand il le voulait, et manifestant alors un tempérament vraiment scientifique.

L'influence de Taisnier sur son entourage fut très réelle ; ce qui ne veut pas dire qu'elle fut toujours heureuse et dans le sens du progrès. « Ses fréquents voyages, dit M. Dewert, sa vie cahotée, aventureuse ont contribué certainement à le détourner des études sérieuses pour lesquelles il dut avoir d'excellentes dispositions. » Ses recherches sur l'anneau astronomique que nous venons de rappeler en sont, en effet, la preuve. Au demeurant, Taisnier est un personnage singulier, attachant, amusant même, qui, tant par ses utopies que par sa science, a influencé un moment notre culture intellectuelle nationale. Les travaux de MM. Dewert, Soons et Godeaux contribueront à l'arracher d'un oubli dans lequel il ne convient pas de le laisser tomber.

Cavalieri, par FAVARO (1). — Ceux qui ont consulté l'Édition Nationale des Œuvres de Galilée savent que l'annotation des pièces a dû y être nécessairement fort sobre. Cependant, dans le tome XX, M. Favaro a donné des notices succinctes, mais très étudiées, sur tous les personnages mentionnés au cours de l'ouvrage. On s'attendait avec raison à plus de sa part, et mieux que personne, l'éminent éditeur l'a compris depuis longtemps. Il ne s'est pas fait prier. Aussi bien, sa profonde connaissance de la correspondance de Galilée et de tous les documents, qui de près ou de loin concernent son héros, lui facilitait la tâche. Depuis bien des années le profes-

(1) *Amici e Corrispondenti di Galileo Galilei. XXXI. Bonaventura Cavalieri*, del Prof. Antonio Favaro. ATTI DEL REALE ISTITUTO VENETO DI SCIENZE, LETTERE ED ARTI. T. LXXIV. Venise, Carlo Ferrari, 1915 ; 2e partie, pp. 701-767. Avec un portrait de Cavalieri hors texte.

seur de l'Université de Padoue publie sur les amis et correspondants de Galilée une série de monographies, qui ne compte déjà pas moins de quarante numéros, tous plus intéressants les uns que les autres. Beaucoup des personnages qui y figurent n'ont qu'un rapport lointain, pour ne pas dire parfois nul, avec les mathématiques. Mais il y a de brillantes exceptions, et parmi elles il faut nommer avant tout Bonaventure Cavalieri ; car M. Favaro n'a pas encore écrit la monographie d'Evangéliste Torricelli, qui, nous l'espérons, ne peut guère tarder.

Cavalieri naquit à Milan, en 1598, ou peut-être un an ou deux plus tôt. Très jeune encore, il entra chez les Jésuates et y reçut tous les ordres mineurs dès le 20 septembre 1615. Le 16 juin 1621, le Cardinal Frédéric Borromée l'ordonnait diacre ; et ce qui montre la précocité de son talent, lors de cette cérémonie, il occupait déjà la chaire de théologie du couvent de Saint-Jérôme à Milan.

Mandé au couvent de Saint-Jérôme à Pise, il eut la bonne fortune d'y rencontrer Castelli, qui s'intéressa à lui, lui donna des leçons et le présenta à Galilée. Frappé de l'intelligence du jeune Bonaventure, leur Maître à tous comprit vite quel parti la science pouvait tirer d'un tel sujet ; aussi se hâta-t-il de le renvoyer de Pise à Milan, muni d'une lettre de recommandation pour le Cardinal Borromée, qui offrit à Cavalieri une place de bibliothécaire à l'Ambrosienne. Mais celui-ci préférait l'enseignement et désirait une chaire de Mathématiques. Une tentative faite pour lui obtenir celle de Parme échoua. Enfin, grâce à l'appui énergique et puissant de Galilée, grâce aux démarches de quelques amis de ce dévoué protecteur, grâce notamment à l'influence de César Marsilli, Cavalieri fut promu à la chaire de mathématiques de Bologne, le 11 août 1629. Cette nomination fut renouvelée, avec augmentation de traitement, en 1633, 1636, 1639 et 1646.

L'ouvrage principal de Cavalieri est la *Geometria indivisibilibus continuorum nova quadam ratione promota*, qui parut à Bologne, en 1635, et fut réimprimée dans la même ville, en 1653. Cette date de 1635 ne doit, cependant, tromper personne. Cavalieri avait depuis plusieurs années auparavant conçu le principe de sa méthode. Mais, loin d'imiter

l'égoïsme de Roberval, qui, après avoir imaginé un procédé analogue, le tint jalousement secret et s'enleva ainsi tout titre à la reconnaissance de la postérité, Cavalieri fit de prime abord largement part de sa découverte à ses amis.

La *Geometria indivisibilibus promota* marque une époque dans l'histoire du calcul infinitésimal. Et cependant, quand l'ouvrage parut, plusieurs savants parmi les plus distingués ne l'apprécièrent pas à sa valeur. Tels Guldin et Taquet, tous deux géomètres de mérite ; tel, plus tard, Christiaan Huygens. L'histoire le savait depuis longtemps, mais la récente édition des œuvres de Torricelli (1) met en lumière un fait peu connu : l'embarras que la nouvelle méthode causait à cet illustre ami et correspondant de Cavalieri. Torricelli fait des indivisibles un emploi abusif, qui le conduit à des paradoxes évidents, qu'il est le premier à signaler, sans parfaitement se rendre compte du point précis où pèche son raisonnement. C'est, en effet, en 1647 seulement, dans ses *Exercitationes Geometricae*, que Cavalieri formula d'une manière vraiment claire le mode d'emploi des indivisibles et mit la méthode à l'abri des critiques dont elle était jusque là assez légitimement l'objet. Par quelques théorèmes généraux, en effet, que cependant Cavalieri ne donne pas, il est facile de ramener le nouvel exposé de la méthode des indivisibles à une théorie rigoureuse des limites.

Quoi qu'il en soit de la force probante que les géomètres attachaient alors aux indivisibles, il est certain que de l'Italie et de l'étranger les problèmes les plus divers étaient envoyés à Cavalieri, avec prière de les résoudre par ses nouveaux calculs. Tous les savants en vue cherchaient à entrer en relation avec lui. Mais les tortures atroces que lui firent subir, dès son bas âge, d'incessantes attaques de goutte ralentissaient son activité, sans l'arrêter complètement. La maladie fut, enfin, la plus forte et le terrassa dans la pleine maturité de son talent. Cavalieri mourut à Bologne, le 27 novembre 1647.

J'ai emprunté les principaux détails de la biographie

(1) *Opere di Evangelista Torricelli*, edite da Gino Loria e Giuseppe Vassura. Faenza, Montanari, 1919. En trois volumes in-8°, dont le premier est double.

précédente à la notice que M. Favaro a donnée au tome XX de l'Édition Nationale des Œuvres de Galilée (1). Mais, à trois reprises différentes, l'éminent historien a étudié Cavalieri dans des travaux spéciaux, où il nous montre son compatriote sous des aspects différents. J'y renvoie le lecteur. La simple transcription des titres suffit pour faire connaître à quel point de vue Cavalieri y est étudié. *Cavalieri et l'Université de Bologne* (2) ; *Cavalieri et la quadrature de la spirale* (3) ; *Cavalieri, ami et correspondant de Galilée.* C'est ce dernier article qui m'a fourni l'occasion de parler ici du célèbre Hiéronymite.

Pour l'histoire de la Géométrie analytique, par H. WIELEITNER (4).— M. Wieleitner commence par déclarer qu'il ne se propose pas de nous faire parcourir toutes les étapes des origines de la Géométrie analytique. Il nous renvoie pour cela au second volume de la *Geschichte der Elementar-Mathematik* (5) de Tropfke. Son but est plus restreint. Sans chercher à enrichir la science d'aperçus nouveaux, il écrit pour tous ceux qui, connaissant bien la géométrie analytique, désirent savoir au juste ce qu'elle doit à Descartes et ce qu'elle doit à Fermat. La réponse de M. Wieleitner à ces deux questions se recommande par sa précision et le nombre des références qu'elle nous donne.

Elle se divise en deux chapitres précédés chacun d'une épigraphe, qui vise, sinon à résumer ce chapitre, du moins à le caractériser.

(1) *Le Opere di Galileo Galilei. Edizione Nazionale.* T. XX. Florence, Barbèra, 1909, pp. 414 et 415.

(2) *Bonaventura Cavalieri nello studio di Bologna.* ATTI E MEMORIE DELLA R. DEPUTAZIONE DI STORIA PATRIA PER LE PROVINCIE DI ROMAGNA. 3e série, t. VI, Bologne, près la R. Deputazione, 1888, pp. 120-151.

(3) *Bonaventura Cavalieri e la Quadratura della Spirale.* RENDICONTI DEL R. ISTITUTO LOMBARDO DI SCIENZE E LETTERE. 2e sér., t. XXXVIII. Milan, Rebeschi di Turati, 1905, pp. 358-372.

(4) *Zur Erfindung der Analytischen Geometrie.* ZEITSCHRIFT FÜR MATH. UND NATURWISS. UNTERRICHT. T. 47, 1916. pp. 414-426. Réédité comme 4e fascicule du *Mathematisches Lesebuch*, de Dieck. Sterkrade, Osterkamp, 1921. C'est cette dernière édition que j'ai sous la main.

(5) Leipzig, Veit, 1905, pp. 405-428.

Le premier chapitre est consacré à Descartes. M. Wieleitner y prend pour épigraphe cette pensée d'un anonyme trouvée dans l'*Histoire de l'Académie des Sciences pour l'année* 1729 : « Ç'a été une grande idée et d'une utilité inestimable à toute la Géométrie que celle de Descartes, d'exprimer la nature des Courbes par des équations algébriques ».

Le second chapitre réservé à Fermat a pour épigraphe, cet extrait de l'*Aperçu historique* (1) de Chasles : « La nature et le caractère spéciaux des travaux de Fermat), basés en grande partie sur sa belle méthode *De maximis et minimis*, le rapprochent beaucoup plus de la doctrine des Géomètres anciens que de celle de Descartes ».

Pour la bonne vulgarisation de la science historique, on souhaiterait de voir se multiplier les articles du genre de celui de M. Wieleitner. Il peut être proposé en modèle. C'est à ce titre que nous le recommandons à l'attention.

Maurice Cantor (2). — Je ne saurais clore ce *Bulletin* sans rappeler en quelques mots la Vie et l'Œuvre de Maurice Cantor, qui s'éteignit dans son domicile d'Heidelberg, Gaisbergstrasse, 15, le 10 avril 1920, âgé de plus de 91 ans, et trois jours seulement après avoir perdu son fils unique.

Le restaurateur de l'histoire des mathématiques au XIXe siècle naquit à Mannheim, le 23 août 1829, mais passa pres-

(1) Troisième édition conforme à la première. Paris, Gauthier-Villars, 1889 ; ch. 3, p. 96. M. Wieleitner cite l'édition allemande.

(2) Je me suis servi d'une note publiée dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA à l'occasion du 70e anniversaire de Cantor (3e série, t. I, Leipzig, Teubner, 1900, pp. 227-237). Elle est due à la plume de Maximilien Curtze, qui l'a intitulée : *Zum siebenzigsten Geburtstage Moritz Cantor*. L'année précédente avait paru la *Festschrift zum siebzigsten Geburtstage Moritz Cantor*, volume qui forme en même temps le tome IX des ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATIK (Leipzig, Teubner). Maximilien Curtze y donne (pp. 625-650) une liste très complète de tous les ouvrages séparés, mémoires, notes et simples comptes rendus écrits par Cantor. Ce catalogue mériterait d'être complété jusqu'à la mort de l'auteur, mais je n'ai pas à ma disposition les éléments voulus pour le faire.

Outre les articles de Curtze, j'ai pu en consulter deux autres plus récents :

Moritz Cantor the Historian of Mathematics, par Florian Cajori (BULLETIN OF THE AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY, 2e série, t. XXVII, New-York, 1920, pp. 21-28). Le professeur de l'Uni-

que toute son enfance à Francfort-sur-le-Mein. En 1848, il s'inscrivit au rôle des étudiants de cette Université d'Heidelberg, qu'il devait si grandement illustrer plus tard par son long et brillant enseignement. Il la quitta bientôt pour aller à Goettingue suivre les cours de K. F. Gauss et de W. Weber. En 1851, il revint à Heidelberg conquérir le bonnet de docteur et défendit à cette occasion une thèse de mathématiques pures, *Sur un système peu usité de coordonnées* (1).

A cette époque il semblait ne songer encore qu'à faire carrière dans le domaine de l'analyse, et c'est probablement ce qui le détermina, en 1855, à aller écouter à Berlin les leçons de Lejeune-Dirichlet.

Cantor ne tarda pas cependant à trouver sa vraie voie, mais ses débuts furent prudents. Il commença par de simples articles de revue et des comptes rendus nombreux, mais très bien faits, dont la plupart conservent encore aujourd'hui leur valeur. Ce ne fut qu'en 1863 qu'il publia son premier grand ouvrage, *Mathematische Beiträge zum Kulturleben der Völker* (2), qui parut chez Schmidt à Halle.

En 1867, il en donna un autre chez Teubner à Leipzig. Bien que de dimensions moins considérables, ce travail établit définitivement la réputation de Cantor comme historien des mathématiques et lui donna rang parmi les maîtres. L'auteur l'intitula : *Euklid und sein Jahrhundert* (3). Ce volume fut suivi, en 1875, par *Die Römischen Agrimensoren und ihre Stellung in der Geschichte der Feldmesskunst* (4), qui parut aussi chez Teubner.

versité de Berkeley était en Europe au cours de l'année 1915; le 2 mai, il visita Cantor à Heidelberg, et eut avec lui une entrevue intéressante dont il fait le récit.

Moritz Cantor. Gedächtnisrede gehalten im mathematischen Verein zu Heidelberg von Karl Bopp. SITZUNGSBERICHTE DER HEIDELBERGER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN. Année 1920. Heidelberg, Carl Winter ; fascicule n° 14.

(1) *Ueber ein weniger gebräuchliches Coordinaten-System. Inaugural-Dissertation.* Frankfurt am Mein, Schultheis, 1851.

(2) In-8° de XI-432 pages et 4 planches hors texte.

(3) *Euklid und sein Jahrhundert. Mathematisch-historische Skizze.* In-8° de 72 pages, qui, bien que publié en volume séparé, n'est cependant qu'un tiré à part de la ZEITSCHRIFT FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK.

(4) *Die Römischen Agrimensoren*, etc. *Ein historisch-mathematische Untersuchung.* In-8° de 273 pages et 6 planches hors texte.

Entretemps les comptes rendus, notes et mémoires de Cantor se multipliaient dans diverses revues, mais surtout, dans la ZEITSCHRIFT FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK, dont le professeur d'Heidelberg avait accepté de partager la direction. Dès lors, il songeait évidemment à quelque ouvrage de très grande envergure sur l'histoire des mathématiques ; mais il paraissait hésiter devant l'ampleur que prendrait nécessairement une histoire générale de cette science.

Deux savants français contribuèrent puissamment à vaincre ses derniers scrupules d'érudit : Michel Chasles et Joseph Bertrand. Cantor les rencontra dans un voyage qu'il fit à Paris, et grâce à leurs encouragements, il se décida enfin, en 1880, à mettre au jour le premier volume de ses *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik.*

Je n'ai pas à en rappeler le retentissement et le succès. Les *Vorlesungen* sont devenues le livre de chevet de tous les savants qui à un titre quelconque s'intéressent à l'histoire des mathématiques. Dans son exposition, l'auteur s'inspire des bonnes traditions de Montucla, mais en limitant strictement le sujet aux mathématiques pures. Un tableau du développement de toutes les branches de la science à travers les âges, astronomie, mathématiques, mécanique, physique, comme le peignit l'historien français, dépasse aujourd'hui les forces d'un seul homme. Il faut se borner.

S'il m'est permis de rappeler un souvenir personnel, je dirai que, pour les débutants, Cantor était le plus bienveillant, le plus encourageant des critiques et des conseillers. Je ne l'ai jamais rencontré et n'ai entretenu avec lui que des rapports épistolaires. Au reste, il maniait le français presque à l'égal de sa langue maternelle. Nos relations interrompues par la guerre ne furent pas reprises depuis. J'avais appris que le vénérable vieillard était devenu complètement aveugle. Et puis je ne connaissais pas ses sentiments actuels. Après les terribles événements qui nous avaient jetés dans deux camps radicalement opposés, jusqu'où nos rapports auraient-ils pu redevenir, comme autrefois, confiants et faciles ?

H. BOSMANS.

OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS (1)

—

Paul Appell, membre de l'Institut, Recteur de l'Université de Paris. — ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE DES VECTEURS ET DE LA GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — Un vol. *relié* de 147 pages (16 × 11) avec de nombreuses figures dans le texte, de la Collection Payot. — Paris, Payot, 1921. — Prix : 4 fr.

Note de l'éditeur. Extrait :

Il résulte une grande simplification du rapprochement des deux théories. La plupart des théorèmes et des formules du commencement de la géométrie analytique se rapportent, en effet, à des questions relatives à la théorie des vecteurs : projections d'un vecteur, conditions de parallélisme ou de perpendicularité de deux vecteurs, grandeur d'un vecteur, angle de deux vecteurs, etc.

Les formules fondamentales de la géométrie analytique sont alors faciles à établir et aisées à retenir : cela tient à ce qu'elles font image. Par exemple, les formules relatives aux plans et aux droites de l'espace deviennent inutiles dès qu'on a introduit un premier vecteur appelé l'axe d'un plan et un second vecteur appelé vecteur directeur d'une droite. C'est dans le même esprit que sont exposées les théories relatives à la géométrie plane et à la géométrie dans l'espace, à la construction des courbes et à celle des surfaces, aux propriétés de la tangente et de la normale à une courbe plane ou du plan tangent et de la normale à une surface : et que sont développées en détail les applications aux droites, aux plans, aux courbes du second ordre et à la sphère.

H. Beghin, Professeur à l'École Navale. — STATIQUE ET DYNAMIQUE. — Un vol. in-16 de VIII-200 pages, avec figures, de la Collection Armand Colin. — Paris, Colin, 1921. — Prix : broché, 5 fr.; relié, 8 fr.

Note de l'éditeur. Extrait :

L'ouvrage de M. Beghin a concilié les deux points de vue de la théorie et de la pratique. Le sens du concret n'abandonne jamais l'auteur qui enveloppe de réalités les formules et qui, inversement, dans chaque application pratique sait discerner et faire comprendre le jeu et le rôle des lois.

Un très grand nombre d'exercices, choisis avec le plus grand soin parmi les machines et les appareils usuels, permet au lecteur d'apprendre à manier lui-même les théories de la mécanique.

E. Ariès, Correspondant de l'Institut. — L'ŒUVRE SCIENTIFIQUE DE SADI CARNOT. INTRODUCTION A L'ÉTUDE DE LA THERMODYNAMIQUE. — Un vol. de 160 pages (16 × 11), de la Collection Payot. — Paris, Payot, 1921. — Prix : 4 fr.

(1) La REVUE mentionne dans cette liste les ouvrages envoyés à la Rédaction. Cette mention est, non une recommandation, mais un accusé de réception.

Note de l'éditeur. Extrait :

Après avoir écrit, dans le langage clair et précis qui distingue ses œuvres, les immenses progrès que la Science moderne doit à la Thermodynamique dans les premières régions explorées, le Colonel Aries s'arrête, dans un dernier et long chapitre, devant les obstacles qui retardaient l'exploration de régions nouvelles. Il montre que les difficultés à surmonter sont celles que soulèvent les théories de Lorentz et d'Einstein, et ne met pas en doute le puissant concours qu'offrent les méthodes de la Thermodynamique pour vaincre ces difficultés.

Eugène Bloch, Professeur au Lycée St-Louis. — THÉORIE CINÉTIQUE DES GAZ. — Un vol. de 107 pages (12 × 17), de la Collection Armand Colin. — Paris, Colin, 1921. — Prix : 5 fr.

Note de l'éditeur. Extrait :

Le livre de M. Eugène Bloch vient combler une lacune dans l'enseignement de la Physique en France : c'est en effet le premier exposé systématique de la *Théorie cinétique des Gaz* écrit dans notre langue, et si on ne peut le considérer que comme une introduction à une étude plus complète, il a du moins le mérite de poser tous les principes avec clarté.

L'emploi systématique de la méthode élémentaire des « chemins moyens » a permis à l'auteur de réduire l'appareil mathématique à sa plus simple expression, de façon à rester intelligible pour les personnes dont la culture mathématique est modeste.

J. Tillieux, Directeur de l'Institut du Sacré-Cœur, Mechelen-s-Meuse. — LEÇONS ÉLÉMENTAIRES DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE SELON LES THÉORIES MODERNES, fasc. I. — Un vol. de VIII-210 pages (17 × 24). — Ceuterick, Louvain, 1922.

Extrait de la Table Générale des Matières : Introduction. — Le Pondérable. — I. Les mondes (Astronomie). — II. Les corps en présence de la Terre ou la pesanteur. — III. Les corps terrestres dans leurs actions mutuelles. — IV. Les molécules. — V. Les atomes (Chimie). — VI. Les électrons (Électricité).

Dr Achalme, Directeur de laboratoire à l'École des Hautes Études. — LES ÉDIFICES PHYSICO-CHIMIQUES. Tome I. L'ATOME : SA STRUCTURE, SA FORME. Dessins à la plume de M. Raoul Leclercq. — Un vol. in-8° de 264 pages. — Payot, Paris, 1921. — Prix : 15 fr.

Note de l'éditeur. Extrait :

Ce livre est le premier volume d'un ouvrage dans lequel l'auteur se propose de construire, en partant de quelques postulats très accessibles, tous les édifices plus ou moins compliqués qui constituent pour nous le monde extérieur, depuis la molécule minérale la plus simple jusqu'à ce complexe si merveilleux et si fragile qu'est l'homme.

Dans cette œuvre, M. Achalme tend à réagir contre l'emploi de la langue mathématique comme seule capable d'exprimer la synthèse des faits scientifiques.

En partant de deux unités : l'électron, support de l'électricité négative, et l'unité de matière, support de l'électricité positive, on parvient facilement à déterminer, d'abord le nombre de ces unités dans chaque atome de corps simple, puis la disposition relative de ces unités, c'est-à-dire la forme probable des divers atomes.

Les affinités chimiques découlent rationnellement de cette structure. Les prévisions que ces notions ont permises à l'auteur, notamment en ce qui concerne l'existence et le poids atomique de certains corps isotopes, expérimentalement vérifiés depuis (chlores, argons), établissent le bien-fondé des hypothèses fondamentales.

Georges Matisse, Docteur ès sciences. — Le MOUVEMENT SCIENTIFIQUE CONTEMPORAIN EN FRANCE : 1° LES SCIENCES NATURELLES. — Un vol. relié de 160 pages (16 × 11) de la Collection Payot, avec 25 figures dans le texte. — Paris, Payot, 1921. — Prix : 4 fr.

Note de l'éditeur. Extrait :

Ce premier volume d'un ouvrage d'ensemble sur le *Mouvement scientifique contemporain en France*, est consacré aux *Sciences naturelles*.

L'auteur a choisi parmi les savants les plus éminents dans chaque branche quelques-uns de ceux qui ont véritablement créé ou fait avancer la science. Il a analysé leur œuvre de façon approfondie, cherchant toujours à mettre en lumière les principes et les idées générales ayant une valeur scientifique et une portée philosophique. Il a laissé de côté tout ce qui n'avait qu'une valeur technique, mais n'a pas hésité à aborder les questions difficiles.

Tous les chapitres sont suivis d'un index bibliographique permettant au lecteur de se reporter immédiatement aux mémoires initiaux.

Ch. Coffignier, Ingénieur-Chimiste. — MANUEL DE PEINTURE : COULEURS ET VERNIS. — Un vol. de 348 pages (11 × 16), avec 31 figures, de la Bibliothèque Professionnelle, dirigée par M. Dhommée, inspecteur général adjoint de l'Enseignement technique. — Paris, J.-B. Baillière et fils, 1921. — Prix : 8 fr.

Table des Matières : Première partie (Couleurs) :

Généralités ; Propriétés des couleurs ; Perception des couleurs ; Classification des couleurs ; Couleurs complémentaires ; Contraste des couleurs ; Méthodes de fabrication des couleurs ; — Laques ; Charges ; Couleurs blanches ; Couleurs bleues ; Couleurs brunes ; Couleurs jaunes ; Couleurs naturelles ; Couleurs noires ; Couleurs rouges ; Couleurs vertes ; Couleurs violettes ; Bronzes-couleurs ; Couleurs par mélanges ; Commerce des couleurs.

Deuxième partie (Vernis) :

Gommes à vernis ; Résines dures ; Résines demi-dures ; Résines tendres ; Résines diverses ; Baumes ; Résines artificielles ; Résines durcies et solubles. — Asphaltes et colorants ; Résines et linoléates ; Huiles ; Dissolvants ; Siccativation des huiles ; Fabrication des vernis gras. — Différents vernis gras : Vernis pour le bâtiment ; Vernis pour la carrosserie ; Vernis industriels ; Recettes. — Propriétés des vernis gras ; Fabrication des vernis à l'alcool ; Différents vernis à l'essence ; Fabrication des vernis à l'alcool ; Différents vernis à l'alcool ; Vernis à dissolvants mélangés : Vernis divers ; Linoléum et toile cirée ; Commerce des vernis.

É. De Wildeman, Directeur du Jardin Botanique de Bruxelles. — MISSION FORESTIÈRE ET AGRICOLE DU COMTE JACQUES DE BRIEY INGÉNIEUR AGRONOME AU MAYUMBE (CONGO-BELGE). — Un vol. de XIV-428 pages (16 × 24). — Bruxelles, Reynaert, 1920.

Documents mis en ordre et annotés, précédés d'une courte notice biographique sur le Comte Jacques de Briey (1885-1914)

Table des matières : I. Quelques considérations sur la géo-botanique du Mayumbe. — II. Les Ignames du Mayumbe. — III. Les bananiers du Mayumbe. — IV. Notes sur les palmiers à l'huile.

Rd. H. R. Rivers, M. D. D. Ie., L. L. D., J. R. S. Fellow and Praelector in Natural Sciences. — INSTINCT AND THE UNCONSCIOUS, A CONTRIBUTION TO A BIOLOGICAL THEORY OF THE PSYCHO-NEUROSES. — University press, Cambridge, 1920.

Contents : I. Introduction. — II. The unconscious. — III. Suppression. — IV. Suppression and inhibition. — V. The content of the unconscious. — VI. The nature of instinct. — VII. The danger-instinct. — VIII. Suppression and the all-or-none principle. — IX. Instinct and suppression. — X. Dissociation. — XI. The « Complex ». — XII. Suggestion. — XIII. Hypnotism. — XIV. Sleep. — XV. The psycho-neuroses. — XVI. Hysteria or substitution-neurosis. — XVII. Other modes of solution. — XVIII. Regression. — XIX. Sublimation. — Appendix : I. Freund's psychologie of the inconscious. — II. A cause of claustrophobia. — III. The repression of war experience. — IV. War-neurosis and military training. — V. Freund's conception of the « Censorship ». — VI. « Wind-up ».

Auguste Lumière. — RÔLE DES COLLOÏDES CHEZ LES ÊTRES VIVANTS. — ESSAI DE BIOCOLLOÏDOLOGIE. — NOUVELLES HYPOTHÈSES DANS LE DOMAINE DE LA BIOLOGIE ET DE LA MÉDECINE. — Un vol. de VIII-311 pages (14 × 19). — Paris, Masson, 1921. — Prix : 16 fr.

Extrait de la table des matières : I. Considérations générales sur les colloïdes. — II. Rôle des colloïdes dans les phénomènes vitaux. — III. Conséquences des phénomènes de floculation anormale ou accidentelle consécutifs aux infections. — IV. Troubles tardifs ou chroniques dus à la floculation anormale ou accidentelle à la suite d'infections. — V. Phénomènes de floculation anormale ou accidentelle d'origine gastro-intestinale. — VI. Concordance des hypothèses précédentes avec un certain nombre de faits qui n'ont pas reçu antérieurement d'explication suffisante. — VII. Quelques conséquences et quelques applications des hypothèses exposées dans cet ouvrage. — VIII. Programme de quelques expériences suggérées par la théorie de l'évolution micellaire appliquée à la biologie. — Synthèse des matières albuminoïdes. — Sensibilisation. — Diagnostic par la floculation. — Cas de la tuberculose. — Pathogénie des symptômes communs à un grand nombre d'affections. — Refroidissement. — Nutrition. — Cancer et floculation. — Action des colloïdes synthétiques sur l'organisme.

Michel Pétrovitch, Professeur à l'Université de Belgrade. — MÉCANISMES COMMUNS AUX PHÉNOMÈNES DISPARATES. — Un vol. de 279 pages (12 × 18) de la Nouvelle Collection scientifique. — Paris, Alcan, 1921. — Prix : 8 fr.

Une phénoménologie générale permettra-t-elle de prévoir des faits, de suggérer l'explication de faits inexpliqués, de conduire à des expériences, à de nouvelles recherches ?

Les exemples cités au cours de cet ouvrage répondent à ces questions. Ils font pressentir qu'au début cette branche de la philosophie naturelle consistera en un groupement systématique des phénomènes suivant leurs analogies d'abord qualitatives et ensuite quantitatives, dans l'étude des types de mécanismes communs mis en évidence par les noyaux d'analogie, dans les schémas généraux tirés de chaque groupe d'analogie, et dans les généralisations suggérées par ces groupements.

J. Vaerendonck, Docteur ès Lettres. Docteur ès Sciences pédologiques. — L'ÉVOLUTION DES FACULTÉS CONSCIENTES. — Un vol. de 203 pages (16 × 24). — Gand, Vanderpoorten, 1921.

Extrait de la Table des matières : I. La mémoire duplicative. — II. La mémoire synthétique et la perception. — III. La conception. — IV. Les mouvements inconscients. — V. La conscience.

William Brown and Godfrey H. Thomson. — THE ESSENTIALS OF MENTAL MEASUREMENT. — Un vol. de VIII-216 pages (15 × 24). Cambridgen, Uiversity Press, 1921.

Extrait de la table des matières : 1. Psychophysics. — I. Mental measurement. — II. The elementary theory of probability. — III. The psychophysical methods. — IV. Shewness and Heterogeneity in Psychophysical Data. — 2. Correlation : V. Introduction to correlation. — VI. The mathematical Theory of correlation. — VII. The influence of selection. — VIII. The correction of raw correlation coefficients. — IX. The Theory of general ability. — X. A sampling Theory of ability.

Appendice : I. Tables. — II. A list of definite integrals of frequent occurrence in probability work. — III. Notation. — Bibliography. — Index.

Robert Nussbaum. — NOS FILS SERONT-ILS ENFIN DES HOMMES ? NOTES D'UN ÉDUCATEUR SPIRITUALISTE. — Un vol. de 115 p. (13-18). — Paris, Alcan, 1921. — Prix : 4 fr.

Table des matières : I. Quelques années d'expérience. — II. Les principes. — III. Orientation.

J. F. Lahy. — LE SYSTÈME TAYLOR ET LA PHYSIOLOGIE DU TRAVAIL PROFESSIONNEL. — Un vol. de 216 pages (12 × 19) de la Bibliothèque française du chef de l'Industrie, avec 16 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1921. — Prix : 10 fr.

Table des matières : I. Les principes de W. Taylor et leur diffusion dans le monde industriel. — II. La définition du système d'après W. Taylor. — III. L'étude scientifique des mouvements et le chronométrage. — IV. La sélection professionnelle. — V. Les salaires. — VI. L'organisation intérieure de l'usine : 1re partie. L'usine moderne, son organisation, la fonction sociale de l'usine moderne. 2me Partie : L'usine organisée d'après les principes de W. Taylor. — VII. La physiologie du travail et le problème de la fatigue. — VIII. Comment on détermine scientifiquement la fatigue chez les ouvriers n'accomplissant pas d'efforts musculaires. — IX. La valeur du système Taylor et le problème de l'organisation scientifique du travail humain : 1re partie. Vue d'ensemble et critique du système ; 2me partie. Définition objective du système Taylor ; 3me Partie. Les problèmes actuels de l'organisation psycho-physiologique du travail professionnel ; 4me Partie. La méthode à employer actuellement pour étudier l'activité professionnelle.

Paul Feron-Vrau. — TRENTE ANS D'ACTION CATHOLIQUE SUR LE TERRAIN SOCIAL. L'ASSOCIATION CATHOLIQUE DES PATRONS DU NORD. — Un vol. de 128 pages (in-8°). — Paris, Bonne Presse, 1921. — Prix, 2 fr.

Note des éditeurs. Extrait :

Une œuvre de sincérité, une œuvre de paix aussi, c'est ce que vient d'entreprendre M. Paul Feron-Vrau. Il lui a semblé que les efforts tentés, au cours de trente années, par un groupe de patrons, pour organiser chrétiennement l'usine, valaient la peine d'être rappelés à la génération présente.

Il montre de quel esprit l'Association a vécu et par quelles œuvres elle s'est signalée.

Sans doute, il ne prétend pas qu'elle ait réalisé tout son idéal. Au moins nous rappelle-t-il ce qu'elle a fait pour s'en approcher. En s'essayant à rendre chrétienne l'usine, en donnant la préférence aux Syndicats mixtes sur les Syndicats indépendants, en multi-

pliant des écoles professionnelles et des institutions économiques, elle travaillait à la réconciliation des classes.

Ces patrons n'ont pas été plus en retard de justice avec leurs ouvriers qu'en retard de charité. S'ils s'employaient au bien de leurs âmes, ils se souciaient autant de celui de leurs corps. L'hygiène de l'usine ne leur a pas été plus indifférente que le salaire du travailleur.

Henri Rousset et **Ernest Hannouille.** — L'HABITATION HUMAINE A TRAVERS LES SIÈCLES. — Un vol. de 96 pages (in-8°) de la Collection scientifique. — **Paris, Bonne Presse, 1920. Prix : 3 fr.**

Note des éditeurs. Extrait : Viollet-le-Duc, dans un article de son « Dictionnaire d'architecture », a dit l'histoire de la maison française au moyen âge, du XVe au XVIe siècle. A sa suite, des érudits ont étudié la maison dans l'antiquité et ont mis à jour des études de détails pleins d'originalité. Nous avons ici, sous forme populaire, le résultat acquis de ces travaux antérieurs, y joignant le côté exécutif ou pratique qui le complète.

Chacun des chapitres s'allonge de citations en forme de lectures. C'est un hommage à ceux qui défrichèrent le sujet traité ici.

TABLE DES MATIÈRES

DU

TRENTIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LXXX DE LA COLLECTION

Livraison de Juillet 1921

L'HISTOIRE DE LA TERRE EXPLIQUÉE PAR LE MICROSCOPE, par **M. Jacques de Lapparent** 5

PIERRE DUHEM (1861-1916). NOTICE SUR SES TRAVAUX RELATIFS A L'HISTOIRE DES SCIENCES, par le **R. P. H. Bosmans** 30

LE PRINCIPE BACTÉRIOPHAGE, par **M. R. Bruynoghe** . . 63

LES FACTEURS ACCESSOIRES DE LA NUTRITION (VITAMINES), par **M. F. Malengreau** 82

LES COLLOÏDES ; LEUR PRÉPARATION ET LEURS PROPRIÉTÉS OPTIQUES, par **M. W. Mund** 113

LA SIGNALISATION DE NOS CHEMINS DE FER, par **M. R. Van der Mensbrugghe** 139

VARIÉTÉS. — I. Le modèle d'atome de J. Langmuir, par **M. J. De Smedt** 158

II. L'homme fossile, par le **R.P. Pierre Charles, S.J.** 164

III. Notes d'entomologie comparée, par **M. A. Proost** 180

BIBLIOGRAPHIE. — I. L'Idéal scientifique des mathématiciens, par P. Boutroux, **H. D.** 187

II. Storia della geometria descrittiva delle origini sino ai giorni nostri, par Gino Loria, **H. Bosmans** 189

III. Œuvres de G. H. Halphen. **B. Lefebvre** . . . 192

IV. Bibliographie des Séries trigonométriques, par Maurice Lecat, **H. B.** 193

V. I. Précis de Physique, par Marcel Boll ; II. Cahier de manipulations de Physique, par A. Aubert ; III. Cours de Physique générale, par H. Olivier, **H. D.** 196

VI. The dynamical Theory of Gases, par J. H. Jeans, **M. Alliaume** 199
VII. Énergétique générale, par Félix Michaud, **H. D.** 205
VIII. I. La Physique des rayons X, par R. Ledoux-Lebard et A. Dauvillier ; II. Rayons X et structure cristalline, par W. Bragg, **H. D.** 206
IX. Report on the quantum theory of spectra, par L. Silberstein, **H. Dopp.** 209
X. I. La theorie de la relativité restreinte et généralisée, mise à la porté de tout le monde, par A. Einstein ; II. L'éther et la théorie de la relativité, par A. Einstein ; III. La géométrie et l'expérience, par A. Einstein, **Ph. du P.** 211
XI. I. Les théories d'Einstein. Une nouvelle figure du monde, par Lucien Fabre ; II. Einsteins Relativitaetstheorie, par Theo Wult. S. J., **H. Dopp.** 216
XII. Manuel de chimie analytique, par Marcel Boll, **Jos. Pauwels, S. J.** 218
XIII. Les progrès de la chimie en 1919, par André Kling, **J. Pauwels, S. J.** 221
XIV. Le chauffage industriel, par Henri Le Chatelier, **F. S.** 222
XV. Il volo in Italia, par G. Boffito, **H. Bosmans.** . 224
XVI. Traité de géographie physique, par Emm. de Martonne, **I. P.** 227
XVII. Nouveau traité des eaux souterraines, par E. A. Martel, **J. B. André** 227
XVIII. Géologie de la France, par L. De Launay, **G. Schmitz, S. J.** 230
XIX. The resources of the sea, par W. C. Mc Intosh, **J. C.** 233
XX. Atlas météorologique de Paris, par J. Lévine, **E. O.** 235
XXI. De l'Anaphylaxie à l'Immunité, par M. Arthus, **W. L.** 236
XXII. Le sympathique et les systèmes associés, par A. Guillaume, **W. L.** 237
XXIII. Psychologie des mystiques catholiques orthodoxes, par Maxime de Montmorand, **J. Maréchal, S. J.** 240
XXIV. I. La religion spirite, par Th. Mainage ; II. Les mystères de l'hypnose, par Georges de Dubor ; III. Les forces mediumniques, par M. Pascal, **J. Maréchal, S. J.** 245
XXV. Critique et contrôle médical des guérisons surnaturelles, par le Dr Le Bec, **J. Maréchal, S. J.** 250

XXVI. Le génie américain, par W. Riley, **F. J.** 251
XXVII. La linguistique ou science du langage, par J. Marouzeau, **L. De Coninck** 252
XXVIII. Les ressources du travail intellectuel en France, par Edme Tassy et Pierre Léris, **Ph. du P.** . . 253
Revue des recueils périodiques.
Astronomie, par **M. M. Alliaume** 255
Physiologie, par le Dr **W. Libbrecht** 278
Pathologie, par le Dr **R. W.** 293
Ouvrages récemment parus 304

Livraison d'octobre 1921

André Dumont, par le **R. P. G. Schmitz, S. J.** 313
Un chapitre nouveau de l'évolution planétaire, par l'**Abbé Th. Moreux** 326
Psychique de la bête, par le **R. P. Paul Camboué, S. J.** 350
Les lampes valves a trois électrodes et leurs applications, par **M. J. Abelé** 370
Le rayon vert, par le **R. P. R. Lange, S. J.** 402
Pierre Duhem (1861-1916) notice sur ses travaux relatifs a l'histoire des sciences *(suite et fin)*, par le **R. P. H. Bosmans** 427
Les grands problèmes monétaires. L'Inflation, par **M. Fernand Baudhuin** 448
Variétés. — I. d'Alembert, par le **R. P. B. Lefebvre, S. J.** 460
II. L'homme fossile (*suite et fin*), par le **R. P. Pierre Charles, S. J.** 484
Bibliographie. — I. Paul Tannery. Mémoires scientifiques, publiés par J. L. Heiberg et H. G. Zeuthen, **H. Bosmans** 505
II. Geschichte der Elementar-Mathematik in systematischer Darstellung mit besonderer Beruecksichtigung der Fachwoerter, von Dr Johannes Tropfke; II. Geschichte der Mathematik, IIer Theil, von Dr Heinrich Wieleitner, **H. Bosmans.** . . 508
III. Histoire de la longitude à la mer au XVIIIe siècle en France, par F. Marguet, **M. A.** 512
IV. Espace, temps et gravitation, par A. Eddington, **Ph. du P.** 513
V. I. Le principe de relativité, par E. M. Lémeray ; II. Leçons élémentaires sur la gravitation d'après la théorie d'Einstein, par E. M. Lémeray, **Ph. du P.** 525

VI. Raum. Zeit. Materie, par Hermann Weyl, **H. D.** 529
VII. Télégraphie et téléphonie sans fil, par C. Gutton, **V. S.** 531
VIII. La T. S. F. par tubes à vide, par Pierre Louis, **V. S.** 531
IX. Rayonnement. Principes scientifiques de l'éclairage, par A. Blanc, **A. Biot** 532
X. La radiologie et la guerre, par Mme Pierre Curie, **T. X.** 533
XI. Études élémentaires de météorologie pratique, par Albert Baldit, **E. O.** 534
XII. Où en est la géologie, par L. de Launay, **G. Schmitz, S. J.** 535
XIII. Recherches géologiques dans la région cantabrique, par Louis Mengaud, **G. Schmitz, S. J.** 537
XIV. Éléments de biologie générale, par Étienne Rabaud, **R. Devisé, S. J.** 539
XV. La Constitution des plantes vasculaires, révélée par leur ontogénie, par Gustave Chauvaud, **R. Devisé, S. J.** 542
XVI. Studies of the development and larval forms of echinoderms, by Th. Mortensen, **F. Carpentier.** 543
XVII. 1. La Philosophie de l'organisme, par H. Driesch; 2. Personnalité biologique de l'homme, par Jean Friedel; 3. Considérations sur l'être vivant, par Charles Janet, **J. Maréchal, S. J.** 544
XVIII. An introductory course in experimental psychology, by H. Gruender, S. J., **J. Maréchal, S. J.** 548
XIX. Les Phénomènes mystiques, par Monseigneur Albert Farges, **J. Maréchal, S. J.** 552
XX. Le dogme et la loi de l'Islam, par L. Goldziher, **J. M.** 554
XXI. Principes d'économie sociale, par le R. P. Fallon, S. J., **R. L.** 555
XXII. Les Peuples d'Extrême-Orient. Le Japon, par Émile Hovelaque, **F. J.** 557
XXIII. Le problème moral et la pensée contemporaine, par D. Parodi, **V. F.** 558
XXIV. La conscience française et la guerre, par G. Belot, **V. F.** 559
REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.
Histoire des Mathématiques, par **H. Bosmans** . 560
OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS 579

Louvain. — Imp. F. CEUTERICK, rue Vital Decoster, 60.

Letter 23 Jan 1

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

Lock

20 Juillet 1921

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXX — 20 OCTOBRE 1921

(QUARANTIÈME ANNÉE ; TOME LXXX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN

SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

(M. F. Willaert)

11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1921

LIVRAISON D'OCTOBRE 1921

I. ANDRÉ DUMONT, par le **R. P. G. Schmitz, S. J.**, p. 313.

II. UN CHAPITRE NOUVEAU DE L'ÉVOLUTION PLANÉTAIRE, par **M. l'abbé Th. Moreux**, p. 326.

III. PSYCHIQUE DE LA BÊTE, par le **R. P. Paul Camboué, S. J.**, p. 350.

IV. LES LAMPES-VALVES A TROIS ÉLECTRODES ET LEURS APPLICATIONS, par **M. J. Abelé**, p. 370.

V. LE RAYON VERT, par le **R. P. R. Lauge, S. J.**, p. 402.

VI. PIERRE DUHEM (1861-1916). NOTICE SUR SES TRAVAUX RELATIFS A L'HISTOIRE DES SCIENCES (*suite et fin*), par le **R. P. H. Bosmans**, p. 427.

VII. LES GRANDS PROBLÈMES MONÉTAIRES. L'INFLATION, par **M. Fernand Baudhuin**, p. 448.

VIII. VARIÉTÉS. — I. *d'Alembert*, par le **R. P. B. Lefebvre, S. J.**, p. 460. — II. *L'homme fossile* (*suite et fin*), par le **R. P. Pierre Charles, S. J.**, p. 484.

IX. BIBLIOGRAPHIE. — I. Paul Tannery. Mémoires scientifiques, publiés par J. L. Heiberg et H. G. Zeuthen. **H. Bosmans**, p. 505. — II. 1. Geschichte der Elementar-Mathematik in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der Fachwoerter, von Dr Johannes Tropfke; 2. Geschichte der Mathematik, IIe Theil, von Dr Heinrich Wieleitner, **H. Bosmans**, p. 508. — III. Histoire de la longitude à la mer au XVIIIe siècle en France, par F. Marguet, **M. A.**, p. 512. — IV. Espace, temps et gravitation, par A. Eddington, **Ph. du P.**, p. 513. — V. 1. Le principe de relativité, par E. M. Lemeray; 2. Leçons élémentaires sur la gravitation d'après la théorie d'Einstein, par E. M. Lémeray, **Ph. de P.**, p. 525. — VI. Raum, Zeit, Materie, par Hermann Weyl, **H. D.**, p. 529. — VII. Télégraphie et téléphonie sans fil, par C. Gutton, **V. S.**, p. 531. — VIII. La T. S. F. par tubes à vide, par Pierre Louis, **V. S.**, p. 531. — IX. Rayonnement. Principes scientifiques de l'éclairage, par A. Blanc, **A. Biot**, p. 532. — X. La radiologie et la guerre, par Mme Pierre Curie, **T. X**, p. 533. — XI. Études élémentaires de météorologie pratique, par Albert Baldit, **E. O.**, p. 534. — XII. Où en est la géologie, par L. de Launay, **G. Schmitz, S. J.**, p. 535. — XIII. Recherches géologiques dans la région cantabrique, par Louis Mengaud, **G. Schmitz, S. J.**, p. 537. — XIV. Éléments de biologie générale, par Étienne Rabaud, **R. Devisé, S. J.**, p. 539. — XV. La constitution des plantes vasculaires, révélée par leur ontogénie, par Gustave Chauveaud, **R. Devisé, S. J.**, p. 542. — XVI. Studies of the development and larval forms of echinoderms, by Th. Mortensen, **F. Carpentier**, p. 543. — XVII. 1. La Philosophie de l'organisme, par H. Driesch; 2. Personnalité biologique de l'homme, par Jean Friedel; 3. Considérations sur l'être vivant, par Charles Janet, **J. Maréchal, S. J.**, p. 544. — XVIII. An introductory course in experimental psychology, by H. Gruender, S. J., **J. Maréchal, S. J.**, p. 548. — XIX. Les Phénomènes mystiques, par Mgr Albert Farges, **J. Maréchal, S. J.**, p. 552. — XX. Le dogme et la loi de l'Islam, par I. Goldziher, **J. M.**, p. 554. — XXI. Principes d'économie sociale, par le R. P. Fallon, S. J., **R. L.**, p. 555. — XXII. Les Peuples d'Extrême-Orient. Le Japon, par Émile Hovelaque, **F. J.**, p. 557. — XXIII. Le problème moral et la pensée contemporaine, par D. Parodi, **V. F.**, p. 558. — XXIV. La conscience française et la guerre, par G. Belot, **V. F.**, p. 559.

X. REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Histoire des Mathématiques, par **H. Bosmans**, p. 560.

OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS, p. 579.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXIX, 1875 à 1920. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**
(t. XL, 1921) . . . . . fr. **30 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902.
Les deux volumes annuels, in-8° . fr. **20 00** (fr. **40 00** à partir de 1920)

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de . . fr. **5 00** (pour les abonnés 2 fr.)

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **11 25**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pp. (1904) (épuisé) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : **T. I.** *Introduction*, Éd. Van der Smissen. I. *La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque*, H. Francotte. II. *Bruges au Moyen âge*, G. Eeckhout. III. *Barry*, H. Laporte. IV. *Beira*, Ch. Morisseaux. V. *Liverpool*, P. de Rousiers. VI. *Anvers*, E. Dubois et M. Theunissen. VII. *Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne*, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans (Épuisé) (1). — **T. II.** VIII. *Londres*, G. Eeckhout. IX. *Délos*, A. Roersch. X. *Rotterdam*, J. Charles. XI. *Gênes au Moyen âge*, J. Hanquet. XII. *Marseille*, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. — **T. III.** XIII. *Le Port moderne de Gênes*, M. Theunissen. XIV. *Ostende*. L.-Th. Léger. XV. *Jaffa*, P. Gendebien. XVI. *Lisbonne*, Ch. Morisseaux. XVII. *Le Havre*, G. Blondel. XVIII. *Hambourg*, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. *Rio-de-Janeiro*, F. Georlette. XX. *Han-Kow*. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. — **T. IV.** XXI. *Barcelone et Bilbao*, J. Charles. XXII. *Buenos-Aires*, M. Theunissen. XXIII. *Brême*, J. Charles. XXIV. *New York*, Paul Hagemans. XXV. *Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent*, Alphonse Roersch. XXVI. *Shanghaï*, A. A. Fauvel. XXVII. *Zeebrugge*, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. —**T. V.** XXVIII. *Rouen*, G. Blondel. XXIX. *Montréal*, M. Dewavrin. XXX. *Seattle et Tacoma*, M. Rondet-Saint. XXXI. *Trieste, Fiume, Venise*, M. Dewavrin. XXXII. *Venise au Moyen âge*, C. Terlinden. XXXIII. *Les ports du Nord-Est de l'Angleterre*, J. Meuwissen. — *Conclusions*, G. Blondel. — *Appendices : L'administration des Ports*, J. Charles, S. J.- *L'industrie des transports maritimes*, H. Mansion. Prix : 3 francs

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in 8° de 29 pages (1908. fr. **0 75**

Éd. de Moreau. La Bibliothèque de l'Université de Louvain « 1636-1914». Un vol. in-8° de 114 pp., avec 10 planches hors texte (1918) . fr. **4 00**

E. Ariès, correspondant de l'Institut. Thermodynamique. Propriétés générales des fluides. Un vol. in-8° de 68 pages (1920) . . . . . fr. **4 00**

B. Lefebvre, S. J. Notes d'Histoire des Mathématiques (Antiquité et Moyen-Age). Un vol. in-8° de IV-154 pages (1920) . . . . . fr. **3 00**

M. Alliaume. Revue annuelle d'Astronomie (1920). Un vol. de 44 pp. (20×13) . . . . . fr. **1 50**

---

(1) On peut trouver les articles de ce premier volume épuisé dans les livraisons d'avril et illet 1906 de la *Revue des Questions scientifiques*.

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série.**

La revue paraît en livraisons trimestrielles, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés.**

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES est de **37 francs** par an pour la Belgique, **39 francs** pour la France et **44 francs** pour les autres pays. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles jouissent d'une réduction de **5 francs.**

Table analytique des cinquante premiers volumes de la REVUE. Un vol. du format de la REVUE de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au Secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au Secrétariat.

Louvain. — Imp. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

REVUE

5.06(+9.3)(3

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXX — 20 JUILLET 1921

(QUARANTIÈME ANNÉE ; TOME LXXX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. F. Willaert)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1921

LIVRAISON DE JUILLET 1921

I. L'HISTOIRE DE LA TERRE EXPLIQUÉE PAR LE MICROSCOPE, par **M. Jacques de Lapparent**, p. 5.

II. PIERRE DUHEM (1861-1916). NOTICE SUR SES TRAVAUX RELATIFS A L'HISTOIRE DES SCIENCES, par le **R. P. H. Bosmans, S. J.**, p. 30.

III. LE PRINCIPE BACTÉRICIDE, par **M. R. Bruynoghe**, p. 63.

IV. LES FACTEURS ACCESSOIRES DE LA NUTRITION (VITAMINES), par **M. F. Malengreau**, p. 82.

V. LES COLLOÏDES; LEUR PRÉPARATION ET LEURS PROPRIÉTÉS OPTIQUES, par **M. W. Mund**, p. 113.

VI. LA SIGNALISATION DE NOS CHEMINS DE FER, par **M. R. Van der Mensbrugghe**, p. 139.

VII. VARIÉTÉS. — I. *Le modèle d'atome de J. Langmuir*, par **M. J. De Smedt**, p. 158. — II. *L'homme fossile*, par le **R. P. P. Charles, S. J.**, p. 164. — III. *Notes d'entomologie comparée*, par **M. A. Proost**, p. 180.

VIII. BIBLIOGRAPHIE. — I. L'idéal scientifique des mathématiciens, par P. Boutroux, **H. D.**, p. 187. — II. Storia della geometria descrittiva delle origini sino ai giorni nostri, par Gino Loria, **H. Bosmans**, p. 189. — III. Œuvres de G.-H. Halphen, **B. Lefebvre**, p. 192. — IV. Bibliographie des Séries trigonométriques, par Maurice Lecat, **H. B.**, p. 195. — V. 1. Précis de Physique, par Marcel Boll; 2. Cahier de manipulations de Physique, par A. Aubert; 3. Cours de Physique générale, par H. Olivier, **H. D.**, p. 196. — VI. The dynamical Theory of Gases, par J.-H. Jeans, **M. Alliaume**, p. 199. — VII. Energétique générale, par Felix Michaud, **H. D.** p. 205. — VIII. 1. La Physique des Rayons X, par R. Ledoux-Lebard et A. Dauvillier; 2. Rayons X et structure cristalline, par W. Bragg, **H. D.**, p. 206. — IX. Report on the quantum theory of spectra, par L. Silberstein, **H. Dopp**, p. 209. — X. 1. La théorie de la relativité restreinte et généralisée, mise à la portée de tout le monde, par A. Einstein; 2. L'éther et la théorie de la relativité, par A. Einstein; 3. La géométrie et l'expérience, par A. Einstein, **Ph. du P.**, p. 211. — XI. 1. Les théories d'Einstein. Une nouvelle figure du monde, par Lucien Fabre; 2. Einsteins Relativitaetstheorie, par Theo Wulf, S. J., **H. Dopp**, p. 216. — XII. Manuel de Chimie analytique, par Marcel Boll, **Jos. Pauwels, S. J.**, p. 218. — XIII. Les progrès de la chimie en 1919, par Andre Kling, **J. Pauwels S. J.**, p. 221. — — XIV. Le chauffage industriel, par Henri Le Chatelier, **F. S.**, p. 222. — XV. Il volo in Italia, par G. Boffito, **H. Bosmans**, p. 224. — XVI. Traité de géographie physique, par Emm. de Martonne, **I. P.**, p. 227. — XVII. Nouveau traité des eaux souterraines, par E. A. Martel, **J.-B. André**, p. 227. — XVIII. Géologie de la France, par L. de Launay, **G. Schmitz, S. J.**, p. 230. — XIX. The resources of the sea, par W. C. Mc Intosh, **J. C.**, p. 233. — XX. Atlas Météorologique de Paris, par J. Lévine, **E. O.**, p. 235. — — XXI. De l'Anaphylaxie à l'Immunité, par M. Arthus, **W. L.**, p. 236. — XXII. Le sympathique et les systèmes associés, par A. Guillaume, **W. L.**, p. 237. — XXIII. Psychologie des mystiques catholiques orthodoxes, par Maxime de Montmorand, **J. Maréchal, S. J.**, p. 240. — XXIV. 1. La religion spirite, par Th. Mainage; 2. Les mystères de l'hypnose, par Georges de Dubor; 3. Les forces médiumniques, par M. Pascal, **J. Maréchal, S. J.**, p. 245. — XXV. Critique et contrôle médical des guérisons surnaturelles, par le Dr Le Bec, **J. Maréchal, S. J.**, p. 250. — XXVI. Le génie américain, par W. Riley, **F. J.**, p. 251. — XXVII. La linguistique ou science du langage, par J. Marouzeau, **L. De Coninck**, p. 252. — XXVIII. Les ressources du travail intellectuel en France, par Edme Tassy et Pierre Léris, **Ph. du P.**, p. 253.

IX. REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Astronomie, par **M. M. Alliaume**, p. 255. — Physiologie, par le **Dr W. Libbrecht**, p. 278. — Pathologie, par le **Dr R. W.**, p. 293.

OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS, p. 304.

Avis

—

Le **Secrétariat de la Société scientifique de Bruxelles** désirerait acheter les fascicules suivants de ses publications :

Revue des Questions scientifiques : Années 77, 78, 95, 96, 97, 98, 99.

Annales de la Société scientifique de Bruxelles : 21e, 22e, 23e, 24e, 25e, 26e, 27e, 28e, 29e et 35e années.

Les personnes qui consentiraient à se dessaisir de leur exemplaire sont priées d'adresser leurs propositions

au **Secrétariat de la Société scientifique de Bruxelles**
14, rue des Récollets, LOUVAIN.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

NNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXIX, 1875 à 1920. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

ABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

EVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902.
Les deux volumes annuels, in-8°. fr. **20 00** (fr. **40 00** à partir de 1920)

ABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de . fr. **5 00** (pour les abonnés 2 fr.)

. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **11 25**

SCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pp. (1904) (épuisé) . . . . . fr. **1 00**

CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

S PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : T. I. *Introduction*, Éd. Van der Smissen. I. *La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque*, H. Francotte. II. *Bruges au Moyen âge*, G. Eeckhout. III. *Barry*, H. Laporte. IV. *Beira*, Ch. Morisseaux. V. *Liverpool*, P. de Rousiers. VI. *Anvers*, E. Dubois et M. Theunissen. VII. *Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne*, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans (Épuisé) (1). — **T. II.** VIII. *Londres*, G. Eeckhout. IX. *Délos*, A. Roersch. X. *Rotterdam*, J. Charles. XI. *Gênes au Moyen âge*, J. Hanquet. XII. *Marseille*, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. — **T. III.** XIII. *Le Port moderne de Gênes*, M. Theunissen. XIV. *Ostende*. L.-Th. Léger. XV. *Jaffa*, P. Gendebien. XVI. *Lisbonne*, Ch. Morisseaux. XVII. *Le Havre*, G. Blondel. XVIII. *Hambourg*, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. *Rio-de-Janeiro*, F. Georlette. XX. *Han-Kow*. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. — **T. IV.** XXI. *Barcelone et Bilbao*, J. Charles. XXII. *Buenos-Aires*, M. Theunissen. XXIII. *Brême*, J. Charles. XXIV. *New York*, Paul Hagemans. XXV. *Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent*, Alphonse Roersch. XXVI. *Shanghaï*, A. A. Fauvel. XXVII. *Zeebrugge*, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. —**T. V.** XXVIII. *Rouen*, G. Blondel. XXIX. *Montréal*, M. Dewavrin. XXX. *Seattle et Tacoma*, M. Rondet-Saint. XXXI. *Trieste, Fiume, Venise*, M. Dewavrin. XXXII. *Venise au Moyen âge*, C. Terlinden. XXXIII. *Les ports du Nord-Est de l'Angleterre*, J. Meuwissen. — *Conclusions*, G. Blondel. — *Appendices : L'administration des Ports*, J. Charles, S. J.- *L'industrie des transports maritimes*, H. Mansion. Prix : 3 francs

R QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

: LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in 8° de 29 pages (1908. . . . . fr. **0 75**

. de Moreau. La Bibliothèque de l'Université de Louvain « 1636-1914 ». Un vol. in-8° de 114 pp., avec 10 planches hors texte (1918) . fr. **4 00**

Ariès, correspondant de l'Institut. Thermodynamique. Propriétés générales des fluides. Un vol. in-8° de 68 pages (1920) . . . . . fr. **4 00**

Lefebvre, S. J. Notes d'Histoire des Mathématiques (Antiquité et Moyen-Age). Un vol. in-8° de IV-154 pages (1920) . . . . . fr. **3 00**

) On peut trouver les articles de ce premier volume épuisé dans les livraisons d'avril et et 1906 de la *Revue des Questions scientifiques*.

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série.**

La revue paraît en livraisons trimestrielles, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés.**

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES est de **37 francs** par an pour la Belgique, **39 francs** pour la France et **44 francs** pour les autres pays. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles jouissent d'une réduction de **5 francs.**

Table analytique des cinquante premiers volumes de la REVUE. Un vol. du format de la REVUE de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au Secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au Secrétariat.

Louvain. — Imp. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

ruxelles
22-88531

AMNH LIBRARY
100226280